DIE NATURWISSENSCHAFTEN

20. Jahrgang | 15. April 1932 | Heft 16

Kohlehydrate mit besonders gelagerter Sauerstoffbrücke und ihre biologische Bedeutung[1].

Von Hans Heinrich Schlubach, Hamburg.

Zwischen den Eigenschaften der einfachen Zucker, wie sie vornehmlich durch die Untersuchungen Emil Fischers bekannt geworden sind, und der Aufgabe, aus ihnen ihr Verhalten bei der Assimilation und Dissimilation abzuleiten, hat sich ein Widerspruch ergeben: Die gewöhnlichen Zukker, vor allen Dingen der Traubenzucker, erweisen sich als viel zu reaktionsträge, um aus ihnen die Bildung etwa des Rohrzuckers, der Stärke oder der Zellulose in der Pflanze oder den Abbau zur Milchsäure im Tiere verstehen zu können.

Emil Fischer hat als erster das Gebiet betreten, das berufen zu sein scheint, diesen Gegensatz zu überbrücken: Das von ihm im Jahre 1914 entdeckte sog. γ-Methylglykosid wies mit seinen auffallenden Eigenschaften in die Richtung, in der die fehlenden Zwischenglieder zu suchen seien. Zugleich sprach er die Vermutung aus, daß unter den bekannten natürlichen Zuckern der Rohrzucker am ehesten dem neuen Zuckertyp angehören könne.

Seine Annahme hat bereits 2 Jahre später, im Jahre 1916, ihre Bestätigung gefunden. Mit Hilfe der Methylierungsmethode gelang W. N. Haworth der Nachweis, daß der Fruktoseteil des Rohrzuckers nicht von der gewöhnlichen Fruktose, sondern von einer sehr labilen und reaktionsfähigen Form abzuleiten sei. Hiermit wurde zum ersten Male die biologische Bedeutung der Entdeckung Emil Fischers bewiesen.

In den folgenden Jahren sind ähnliche labile Zuckerderivate, wie sie von Emil Fischer bei der Glykose erhalten waren, auch bei einer Reihe von anderen Hexosen im Laboratorium gewonnen worden. Angesichts dieses neuen und umfangreichen Materials konzentrierten sich die Bemühungen der englischen Kohlehydratforscher auf die Frage: Auf welche Unterschiede im Bau kann die so auffallende Verschiedenheit im Verhalten zwischen den stabilen und labilen Zuckerderivaten zurückgeführt werden?

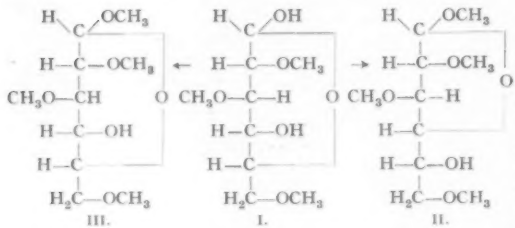
Nach dem Vorgange von Emil Fischer sind die neuen Zuckerderivate anfangs allgemein als γ-Zucker bezeichnet. Die bald gewonnene Überzeugung, daß es sich hier um Strukturisomere handele, ließ jedoch diese Bezeichnungsweise als wenig glücklich erscheinen. Hatte man doch bisher in der Zuckerreihe mit dem gleichartigen Präfix α — und β — allgemein Stereoisomere unterschieden.

In Erkenntnis der sich hieraus ergebenden Unzulänglichkeiten haben C. Neuberg und M. Kobel (1) für diese neuen Zuckerformen, solange ihre Konstitution noch nicht hinlänglich geklärt schien, die Bezeichnung: Alloiomorphe Zucker, abgekürzt am-Zucker, vorgeschlagen. Diese Benennung wird der vom biologischen Standpunkt wichtigsten Eigenschaft dieser Verbindungen am besten gerecht: Ihre überraschend große Umwandlungsfähigkeit, die sie für die Dynamik des lebendigen Geschehens als prädestiniert erscheinen läßt.

Fast gleichzeitig (2) ist als vorläufige Bezeichnung der Name Hetero-Zucker, abgekürzt h-Zukker, vorgeschlagen. Hiermit sollten, unabhängig von einer etwaigen biologischen Bedeutung und allgemein chemisch-systematisch, alle diejenigen Zuckerformen einbegriffen sein, die sich strukturell von den gewöhnlichen Formen unterscheiden. Wenn in der Folgezeit dieser konstitutionelle Unterschied festgestellt und infolgedessen eine rationelle Nomenklatur möglich wurde, so hat dies zweifellos einen Fortschritt bedeutet. Allein die rationell gebildeten Namen sind für den schriftlichen und noch mehr für den mündlichen Gebrauch derart unhandlich ausgefallen, daß man es vorziehen wird, für gewöhnlich ebenso bei der alten Bezeichnung zu bleiben, wie heute noch jeder Chemiker vom Benzol und nicht vom Cyclo-hexatrien spricht.

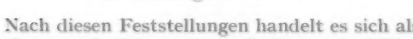
Das Ausbleiben einer Reihe typischer Aldehydreaktionen sowie die Bildung der sog. Halbazetale hat B. Tollens seinerzeit veranlaßt, für die freien Zucker eine zyklische Formel mit einem Sauerstoffatom als Brücke vorzuschlagen. In Analogie zu der Erfahrung, daß bei der inneren Veresterung der Oxysäuren die Bildung von γ-Laktonen bevorzugt eintritt, hat Tollens angenommen, daß auch in diesem Falle die zur Aldehydgruppe γ-ständige Hydroxylgruppe an der Ringbildung beteiligt sei, also ein Fünfringsystem mit dem Sauerstoffatom zwischen dem 1. und 4. Kohlenstoffatom gebildet wird. War diese Tollenssche Annahme richtig, so mußte das γ-Methylglykosid Emil Fischers einen 5-Ring haben, denn es konnte gezeigt werden (3), daß unter den für die Bildung des γ-Methylglykosid erforderlichen Bedingungen aus der 2, 3, 6-Trimethylglykose (I) ein labiles Methylderivat gewonnen werden kann. In diesem Falle läßt die Abdeckung von drei Hydroxylgruppen durch die Methylierung nur alternativ die Bildung eines 1, 4- (II) oder 1, 5-Ringes (III) zu.

[1] Nach einem Vortrag, gehalten am 14. Dahlemer Medizinischen Abend, 10. Juli 1931.



III. I. II.

W. N. HAWORTH und seine Mitarbeiter haben den Nachweis erbracht, daß die TOLLENSsche Voraussetzung nicht zutrifft, daß vielmehr im Gegensatz zu den Laktonen bei diesen Laktolen, wie sie nach einem Vorschlage von B. HELFERICH zweckmäßig benannt werden, die 1, 5-Ringsysteme oder, bei Einbeziehung des Sauerstoffatoms, die 6-Ringsysteme die stabilsten sind. Aus der obenerwähnten Alternative ergibt sich daher unter Umkehrung der Verhältnisse für die labilen Derivate ein 1, 4-Ring. In ganz analoger Weise konnte von den englischen Forschern für die labile Form der Fruktose, wie sie im Rohrzucker vorkommt, ein 2, 5-Ring bewiesen werden:



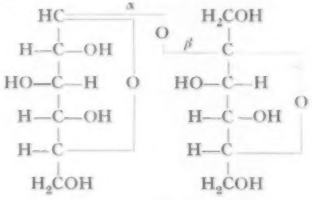
Nach diesen Feststellungen handelt es sich also bei den gewöhnlichen oder n-Zuckern um 6-Ringsysteme mit einem Sauerstoffatom im Ring, also um Derivate des Pyrans, bei den h-Zuckern um 5-Ringsysteme, also Derivate des Furans. W. N. HAWORTH hat diese Erkenntnis in Raumformeln zum Ausdruck gebracht und die Namen Pyranose und Furanose unter Voransetzung des abgekürzten Namens des speziellen Zuckers, also z. B. Glykopyranose, Frukto-furanose, vorgeschlagen.

Besteht diese Auffassung der h-Zucker als Furanderivate zu Recht, so sollten sich von ihnen, genau wie bei den Pyranosen, Paare lediglich stereochemisch verschiedener Derivate gewinnen lassen, da ja in beiden Fällen durch die Bildung der Sauerstoffbrücke am endständigen Kohlenstoffatom ein neues Asymmetriezentrum geschaffen wird. Diese Folgerung konnte erstmalig bei der h-Glykose experimentell bestätigt werden(4), indem die beiden Penta-benzoylverbindungen kristallisiert erhalten wurden. Neuerdings ist W. N. HAWORTH (5) die Reindarstellung einiger weiterer einfacher Paare gelungen.

Bei der großen biologischen Bedeutung der h-Fruktose als Komponente des Rohrzuckers war zu erwarten, daß sich in der Natur Enzyme finden würden, welche die einfachen Derivate dieser Hexose zu spalten vermögen.

Wir kennen seit langem ein den Rohrzucker spaltendes Ferment, die Saccharase oder das Invertin, und es ist wie keine anderer Karbohydrase eingehend untersucht worden. Da aber der Rohrzucker zugleich ein Glykosid und ein Fruktosid ist, so bleibt zunächst die Frage offen, von welcher Seite her die enzymatische Spaltung einsetzt. Im Jahre 1925 konnte nun gezeigt werden (6), daß von dem Gemisch von α- und β-h-Methylfruktosid, das bei der Einwirkung stark verdünnter methylalkoholischer Salzsäure auf Fruktose entsteht, der β-Teil ebenso rasch durch Invertin gespalten wird wie der Rohrzucker. Da die normalen Fruktoside durch dieses Enzym nicht gespalten werden, ist daher im Invertin eine β-h-Fruktosidase anzunehmen. Wir haben hier das erste und bisher einzige Beispiel einer besonderen Art von Strukturspezifität einer Karbohydrase, nämlich dasjenige einer Ringspezifität, vor uns, das die überaus feine Anpassung gerade dieser Enzymklasse an das Substrat besonders augenscheinlich werden läßt.

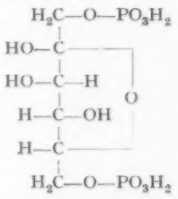
Diese Beobachtung hat es ermöglicht, die analytische Untersuchung des Baues des Rohrzuckers zum Abschluß zu bringen. Es ist in ihm eine n-Glykose mit einer h-Fruktose durch die reduzierenden Gruppen verbunden, und zwar stereochemisch in der Weise, daß nach C. S. HUDSON die α-Form der Glykose mit der β-Form der h-Fruktose zusammentritt. Die endgültige Bestätigung dieser Formel durch die Synthese steht noch aus.



Ebenso wie im Rohrzucker finden wir die h-Fruktose in den Trisacchariden Raffinose und Melizitose als Komponente wieder, endlich macht sie den überwiegenden Teil des Inulins aus, jenes eigenartigen Polysaccharids, das sich besonders häufig in den Kompositen findet, dort die Funktion der Stärke ausübt und deshalb auch Kompositenstärke genannt wird.

Die h-Fruktose spielt also im Pflanzenreich eine überaus bedeutsame Rolle. Ist das gleiche im Tierreich der Fall? Vor nicht allzu langer Zeit hätte diese Frage verneint werden müssen. Ein irgendwie nennenswertes Vorkommen der Fruktose im Tierreich war nicht bekannt.

Die Entdeckung von A. HARDEN und W. J. YOUNG (7), daß bei dem Abbau der Kohlehydrate im tierischen Organismus primär Phosphorsäureester gebildet werden, hat hierin eine Wandlung geschaffen. Denn es wurde sehr bald gefunden, daß in der Hexosediphosphorsäure eine Ketose enthalten ist. Es ist das Verdienst der Herren W. T. J. MORGAN und R. ROBISON (8), nachgewiesen zu haben, daß diese Ketose höchstwahrscheinlich die h-Fruktose ist und daß daher dem Harden-Young-Ester die folgende Formel zugeschrieben werden muß:



Wenn diese wichtige Auffindung der Fruktose im Tierreich so spät erfolgt ist, so darf daraus nicht der Schluß gezogen werden, daß ihr Vorkommen von untergeordneter Bedeutung ist. Handelt es sich doch hier nicht wie beim Rohrzucker oder Inulin um Reservekohlehydrate, die sich in größerer Menge anreichern und deshalb leicht zu fassen sind, sondern um typische Reaktionszwischenprodukte, die, wie die jüngsten Arbeiten C. NEUBERGS (9) dargetan haben, in so überraschend glatter Weise zu Verbindungen der 3-Kohlenstoffreihe abgebaut werden, daß sie nur unter Einhaltung ganz besonderer Bedingungen überhaupt gefaßt werden können.

Es ist allgemein bekannt, daß die beiden wichtigsten Polysaccharide, die Stärke und die Zellulose, aus Glykoseresten zusammengesetzt sind. Leider läßt hier der analytische Befund keine Entscheidung darüber zu, ob es die n- oder die h-Glykose ist, die an ihrem Aufbau beteiligt ist. Denn die aus den permethylierten Polysacchariden in beiden Fällen erhaltenen 2, 3, 6-Trimethylglykose läßt sich ja, wie eingangs gezeigt wurde, je nach den Bedingungen in ein Derivat der n- oder h-Glykose umwandeln und so ist umgekehrt aus ihrer Auffindung ein Rückschluß nicht zu ziehen. Wie aber später ausgeführt wird, gibt es gewichtige Gründe anderer Art, die dafür sprechen, daß an der Bildung dieser Polysaccharide ebenfalls Kohlehydrate mit besonders gelagerter Sauerstoffbrücke beteiligt sind.

Das einzige Anzeichen für eine biologische Bedeutung der h-Glykose hat sich bisher wiederum an einem Phosphorsäureester gefunden. R. ROBISON (10) gelang es, bei besonders geleiteter Vergärung einen Mono-phosphorsäureester zu fassen, dem eine Aldose zugrunde liegt. Es ist vermutet worden, daß dies die h-Glykose sei. Nach den neuesten Untersuchungen von P. A. LEVENE (11) handelt es sich aber um einen 6-Phosphorsäureester der n-Glykose. Ein sicherer Beweis für das Vorkommen eines Derivates der h-Glykose in der Natur fehlt daher nach wie vor.

Die erste faßbare Umwandlung der Hexosen bei ihrem Abbau besteht also in ihrer Bindung an die Phosphorsäure. Ihr folgt, wie C. NEUBERG so überzeugend erwiesen hat, die Spaltung in die 3-Kohlenstoffsysteme und weiter in die mannigfachen Produkte der verschiedenen Vergärungsformen. Offen bleibt also im wesentlichen in dieser Reihe nur die Frage: Wie haben wir uns die Bildung der Phosphorsäureester der Hexosen vorzustellen?

Da eine solche nur in Lösung erfolgt, haben wir uns zunächst klar darüber zu werden, wie die Verhältnisse in einer solchen Lösung einer Hexose z. B. in Wasser zu denken sind.

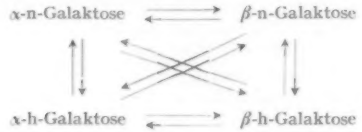
Bei der großen Bedeutung, die nach C. NEUBERG den Aldehyden im weiteren Verlauf des Abbaues zukommt, liegt die Annahme nahe, daß es auch die Aldehydformen der Zucker sind, die als die eigentlich reagierenden anzusehen sind. Durch Untersuchungen neueren Datums, insbesondere von amerikanischen Forschern (12), sind uns heute die Aldehydzucker in Form ihrer Azylderivate zugänglich geworden. Sie haben hinsichtlich ihrer Reaktionsfähigkeit den Erwartungen entsprochen. Dennoch ist ihre Anwesenheit in Lösung nicht anzunehmen.

Der Beweis läßt sich hierfür auf chemischem Wege nicht erbringen. Denn die Sicherheit eines Rückschlusses von einer typischen Aldehydreaktion, etwa der Bildung eines Oxims, auf die vorangehende Anwesenheit von Aldehydform wird durch den Einwurf gefährdet, daß diese Aldehydform durch das Reagens eben erst geschaffen wurde. Es müssen deshalb physikalische Methoden zur Lösung dieser Frage herangezogen werden, und zwar solche, die eine Veränderung der Lösung während der Untersuchung nach Möglichkeit ausschließen. Nach den eingehenden Untersuchungen von V. HENRI sind nun die Aldehyde wie alle Karbonylverbindungen durch eine charakteristische Absorptionsbande in der Gegend von etwa 2800 Å zu erkennen. P. NIEDERHOFF (13) glaubte eine solche Bande in Glykoselösungen festgestellt zu haben. Allein bereits HENRI wies nach, daß ganz reine Glykose diese Bande nicht zeigt. Mit Hilfe einer neuartigen Absorptionsmessungsmethode (14) wurde diese Frage erneut geprüft und das HENRIsche Ergebnis bestätigt. Die Schwierigkeit, ein wirklich optisch reines Material zu gewinnen, ist keine geringe. Nach den neuesten Beobachtungen von F. FISCHLER (15) ist die NIEDERHOFFsche Absorptionsbande recht wahrscheinlich auf einen geringen Gehalt der Lösung an Methylglyoxal zurückzuführen, das sich, besonders im alkalischen Medium, recht leicht bildet. Zusammenfassend muß also hervorgehoben werden, daß in wässerigen Lösungen von Hexosen die Anwesenheit irgendwie erheblicher Mengen von Aldehydform nicht anzunehmen ist.

Nachdem also diese Deutung der Reaktionsfähigkeit versagt, muß weiter gefragt werden: Sind in Lösungen h-Formen der Zucker anzunehmen? H. OHLE hat dies schon vor längerer Zeit für die Fruktose vermutet. Aus dem gleichen Grunde wie bei der Prüfung auf Aldehydform wurde diese Frage zunächst auf spektroskopischem Wege (14) zu lösen versucht. Es wurden die Absorptionsspektren zweier permethylierter Glykosen verglichen, die sich lediglich durch die Ringform unterscheiden. Ein Unterschied ist erkennbar und die Andeutung einer Bande gegeben. Der Effekt ist aber nicht ausreichend, um mit seiner Hilfe den Nachweis von h-Form in Lösung, besonders bei geringer Konzentration, mit Sicherheit führen zu können.

Aber auf einem ganz anderen Wege konnte Einblick in die Verhältnisse, wie sie in Lösungen von Hexosen anzunehmen sind, gewonnen werden. Da nach allen bisherigen Erfahrungen anzunehmen war, daß die h-Zucker energiereicher sind als die n-Zucker, stand zu erwarten, daß bei Temperatur-

erhöhung ihr Anteil an einem Lösungsgleichgewicht steigen würde. Dies konnte in der Tat bei einer Lösung von Galaktose in Pyridin (16) gezeigt werden. Man beobachtet bei Temperaturerhöhung einen starken Drehungsabfall — die h-Galaktose dreht tiefer als die n-Galaktose —, der völlig reversibel ist. Diese Drehungsänderung kann nun nicht auf einer Verschiebung des Gleichgewichtes zwischen der α- und der β-Form der n-Galaktose beruhen, denn der tiefste erhaltene Wert liegt noch unter demjenigen der reinen β-Galaktose. Der Beweis läßt sich dadurch vervollständigen, daß man bei verschiedenen Temperaturen das Gleichgewichtsgemisch durch Azetylierung fixiert und die Komponenten herausarbeitet. Es läßt sich zeigen, daß symbat mit dem Drehungsabfall bei steigender Temperatur der Gehalt an h-Galaktose, in Form seines β-Pentaazetats isoliert, steigt. Wir haben daher in einer Pyridinlösung ein Gleichgewicht anzunehmen, daß sich bei steigender Temperatur bei dem nachstehenden Schema von oben nach unten verschiebt:



Diese Erkenntnis hat eine nützliche präparative Anwendung gefunden: Während früher nach C. S. HUDSON etwa 2 Monate erforderlich waren, um die β-Penta-azetyl-h-galaktose in einer Ausbeute von 5% zu isolieren, läßt sich diese jetzt in 2 Tagen in etwa 25% Ausbeute erhalten. Hiermit ist ein bequemer Ausgangspunkt für ein vergleichendes Studium der entsprechenden Derivate der n- und h-Reihe gewonnen.

Bei diesen Untersuchungen hat sich eine für die Beurteilung der stereochemischen Verhältnisse wichtige Tatsache ergeben: In der Reihe der n-Aldosen sind im allgemeinen von den beiden möglichen stereoisomeren Formen diejenigen der α-Reihe im Gleichgewicht bevorzugt. So waren lange Zeit z. B. die Halogenwasserstoffsäureester, die sog. Halogenosen, nur in ihrer α-Form bekannt und es gelang erst vor einigen Jahren (17), die ersten Halogenosen der β-Reihe zu gewinnen und an ihnen zu zeigen, daß sie außerordentlich labil sind und sich sehr leicht in die α-Isomeren umlagern. Das gleiche gilt auch, wie C. S. HUDSON schon vor längerer Zeit feststellte, für die Azetylverbindungen, nur bedarf es hier des Zusatzes eines Katalysators, des Chlorzinks, um die Umlagerungsgeschwindigkeit genügend zu erhöhen. Diese Bevorzugung der α-Isomeren wurde bei fast allen Derivaten der n-Aldosen so allgemein angetroffen, daß sie als der selbstverständliche Normalfall angesehen wurde.

In der Reihe der h-Galaktose liegen nun die Verhältnisse gerade umgekehrt. Hier sind z. B. die Halogenosen der β-Reihe die stabilen. Auch bei der Einwirkung von Chlorzink auf die β-Penta-azetyl-h-galaktose stellt sich ein Gleichgewicht ein, in dem nur wenig α-Isomeres vorhanden ist. Das obige Gleichgewichtsschema einer Pyridinlösung der Galaktose muß daher in der Richtung ergänzt werden, daß sich bei steigender Temperatur das Gleichgewicht von oben links nach unten rechts verschiebt. Im Lichte dieser Erkenntnis kann es nicht mehr befremden, daß im Rohrzucker gerade die α- n-Glykose mit der β-h-Fruktose vereinigt ist.

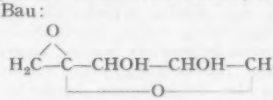
Wie an dem Beispiel der Galaktose gezeigt wurde, handelt es sich bei der Lösung einer Hexose um ein Lösungsgleichgewicht, das durchaus reversibel ist. Dabei ist der Anteil an h-Form in wässeriger Lösung und bei gewöhnlicher Temperatur nur sehr gering anzunehmen. Um ihn nachweisen zu können bedarf es also der Fixierung dieses Anteils. Hierzu ist es im allgemeinen nötig, daß entweder die am endständigen, reduzierenden Kohlenstoffatom stehende Hydroxylgruppe, wie z. B. beim h-Methylfruktosid, substituiert ist oder aber die am 5. Kohlenstoffatom stehende Hydroxylgruppe, weil dann die Ringerweiterung durch Wanderung der Sauerstoffbrücke nicht mehr möglich ist. Ohne eine dieser Voraussetzungen ist daher der Nachweis eines h-Zuckers in Lösung, z. B. im Blute, nicht zu führen. Denn der Anteil an h-Glykose ist viel zu gering, um etwa polarimetrisch nachweisbar zu sein, und alle entgegenstehenden, in der Literatur sich findenden Angaben haben sich daher auch bis jetzt als irrtümlich erwiesen. Ein direkter Nachweis würde nur auf dem erwähnten spektroskopischen Wege denkbar sein.

Bei den verschiedenen Hexosen ist der Anteil an h-Form in Lösung unter sonst gleichen Bedingungen verschieden groß anzunehmen: Bei der Glykose ist er ganz besonders gering, wie u. a. aus dem sehr geringen Temperaturkoeffizienten der Drehung hervorgeht, bedeutend mehr ist bei der Galaktoselösung anzunehmen, z. B. bei der Pyridinlösung und bei Zimmertemperatur mit etwa 5%, noch mehr bei der Mannose und am meisten bei der Fruktose. Die von O. WARBURG (18) beobachtete Sonderstellung dieser Hexose gegenüber Luftsauerstoff in Phosphatlösung ist wohl zum Teil auf diesen Umstand zurückzuführen.

Bei den bisher betrachteten Kohlehydraten mit besonders gelagerter Sauerstoffbrücke, die von biologischer Bedeutung sind, hatte diese Besonderheit darin gelegen, daß an Stelle des normalen 1, 5-Ringes ein 1, 4-Ringsystem vorhanden war. Gibt es nun noch andere, von dem normalen abweichende Ringsysteme, denen eine Bedeutung für die Lebensvorgänge zukommt?

B. HELFERICH (19) hat kürzlich an einem Modellbeispiel gezeigt, daß auch 1, 6-Laktolringsysteme beständig sind und es ist denkbar, daß ein derartiges Ringsystem in einer von H. PRINGSHEIM (20) beschriebenen, recht stabilen γ-Glykose enthalten ist. Über ein biologisches Vorkommen wissen wir aber noch nichts.

Von großer pflanzenphysiologischer Bedeutung haben sich aber die engsten denkbaren Ringsysteme, die 1, 2-Ringe vom Typ des Äthylenoxyds erwiesen. Vor einigen Jahren (21) gelang die Synthese eines Fruktoseanhydrids von folgendem Bau:



Dieses Anhydrid stellt insofern eine Besonderheit dar, als es *zwei* Ringsysteme mit besonders gelagerter Sauerstoffbrücke enthält: Einmal den h-2, 5-Ring und dann den Äthylenoxydring 1, 2. Die Bedeutung dieses als Lävan bezeichneten Anhydrids ist darin zu suchen, daß es als der Grundkörper des oben erwähnten Inulins anzusehen ist. Denn es wurde mittels der Methylierungsmethode aus ihm die gleiche 3, 4, 6-Trimethylfruktose erhalten wie aus dem Inulin. Entsprechend den von H. STAUDINGER entwickelten Vorstellungen bildet sich durch Polymerisation aus diesem Anhydrid eine Reihe von Polymeren, deren höchstmolekulare Glieder als Inulin anzusprechen sind. Diese Auffassung konnte dadurch gestützt werden, daß die hiernach zu erwartenden Glieder mittleren Polymerisationsgrades in einer Reihe von Pflanzen aufgefunden wurden, daß durch thermische Depolymerisation aus den hochmolekularen die niedermolekularen Glieder gewonnen wurden, daß endlich das Dimere aus dem Monomeren durch Synthese aufgebaut wurde.

Diese Auffassung hat weiter durch thermochemische Untersuchungen von CH. TANAKA (22) an Wahrscheinlichkeit gewonnen. Da sich die Höherpolymeren aus den Niederpolymeren, insbesonders wohl dem Monomeren, unter positiver Wärmetönung bilden, ist zu erwarten, daß der Grundkörper eine höhere Verbrennungswärme zeigen wird als die aus ihm erhaltenen Polymeren. Dies ist nun, wie die folgende Tabelle zeigt, in der Tat der Fall. Das Lävan nimmt unter den bekannten Fruktoseanhydriden eine Sonderstellung ein:

	Verbrennungswärme 1 g cal.	Molekulare Verbrennungswärme K	ΔK zu Fructose
Fruktose	3752	675,4	—
Lävulosan.	4173	676,8	+ 1,4
Heterolävulosan . . .	4183	677,6	+ 2,2
Lävan	4300	696,6	+21,2
Inulin	4187	—	—

Wenn dieser erhöhte Energiewert im wesentlichen auf die 1, 2-Sauerstoffbrücke zurückgeführt wird, sollte er auch bei anderen Anhydriden des gleichen Typs nachweisbar sein. Diese Folgerung konnte TANAKA bestätigen. Das von P. BRIGL synthetisierte Glykoseanhydrid, daß neben einer normalen Sauerstoffbrücke ebenfalls einen Äthylenoxydring enthält, zeigt in gleicher Weise eine stark erhöhte Verbrennungswärme gegenüber vergleichbaren Verbindungen:

	Molekulare Verbrennungswärme K	K, ber. auf azetylfreie Substanz	ΔK zu Glykose
Triazetyl-1, 6-glykosan	1303,8	675,2	+ 2,0
Triazetyl-1, 2-glykosan	1322,8	694,2	+21,0

Überblicken wir in großen Zügen die Systematik der Pflanzen, so finden wir ganz zum Schluß, als ihre höchstentwickelten Vertreter, die Kompositen angeführt. Die Korbblütler sind es aber gerade, in denen wir die h-Fruktose in Form von Inulin bevorzugt antreffen. Gehen wir weiter zurück in der Entwicklungsreihe, so finden wir den Mischtyp, der sich in Form des Rohrzuckers zugleich der h-Fruktose und der Glykose bedient, sehr verbreitet. Steigen wir endlich zu den Pilzen herab, so verschwindet die h-Fruktose vollständig, die nur aus Glykose zusammengesetzte Trehalose tritt an Stelle des Rohrzuckers. Allgemein können wir also sagen: Mit steigender Verfeinerung des Organismus nimmt die Verwendung der h-Fruktose zu. Die Forschung hat eine ähnliche Entwicklung genommen: Die Arbeit EMIL FISCHERS stand unter dem Zeichen der Glykose, heute beansprucht die h-Fruktose das größere Interesse.

Wie nun die STAUDINGERschen künstlichen Hochpolymeren als Modelle für das Inulin gedient haben, so kann das Inulin als ein Modell für die beiden wichtigsten Polysaccharide angesehen werden. Die bedeutenden Arbeiten, welche auf diesem Gebiet von A. PICTET und H. PRINGSHEIM sowie von K. HESS und zahlreichen anderen Forschern ausgeführt worden sind, lassen erkennen, daß grundsätzlich ähnliche Verhältnisse bei der Bildung dieser Polysaccharide herrschen müssen wie beim Inulin. Wir wissen noch nicht, welche Grundkörper hier die Rolle des Lävans spielen, wir müssen aber schon aus energetischen Gründen annehmen, daß es auch in diesem Falle Kohlehydrate mit besonders gelagerter Sauerstoffbrücke sind.

Literatur.

1. C. NEUBERG u. M. KOBEL, Z. angew. Chem. **38**, 761 (1925). — 2. H. H. SCHLUBACH u. G. RAUCHALLES, Ber. dtsch. chem. Ges. **58**, 1843 (1925). — 3. H. H. SCHLUBACH u. H. v. BOMHARD, Ber. dtsch. chem. Ges. **59**, 845 (1926). — 4. H. H. SCHLUBACH u. W. HUNTENBURG, Ber. dtsch. chem. Ges. **60**, 1487 (1927). — 5. J. chem. Soc. Lond. **1929**, 2796. — 6. H. H. SCHLUBACH u. G. RAUCHALLES, Ber. dtsch. chem. Ges. **58**, 1842 (1925). — 7. Proc. roy. Soc. Lond. **82**, 327 (1910). — 8. Biochemic. J. **22**, 1270 (1928). — 9. C. NEUBERG u. M. KOBEL, Biochem. Z. **203**, 463 (1928). — Ber. dtsch. chem. Ges. **63**, 3068 (1930). — 10. Biochemic. J. **16**, 809 (1922). — 11. J. of biol. Chem. **91**, 751 (1931). — 12. M. L. WOLFROM, J. amer. chem. Soc. **52**, 2464 (1930). — 13. Hoppe-Seylers Z. **167**, 310 (1927). — 14. F. GOOS, H. H. SCHLUBACH u. G. A. SCHRÖTER, Hoppe-Seylers Z. **186**, 148 (1930). — 15. Biochem. Z. **227**, 156 (1930). — 16. H. H. SCHLUBACH u. V. PROCHOWNICK, Ber. dtsch. chem. Ges. **62**, 1502 (1929). — 17. H. H. SCHLUBACH, Ber. dtsch. chem. Ges. **59**, 840 (1926). — 18. O. WARBURG, Biochem. Z. **146**, 380 (1924). — 19. Ber. dtsch. chem. Ges. **64**, 104 (1931). — 20. Ber. dtsch. chem. Ges. **59**, 1135 (1926). — 21. Ber. dtsch. chem. Ges. **61**, 2358 (1928). — 22. Mem. Coll. Sci., Kyoto, Imp. Univ. Serie A. **13**, 239 (1930). — 23. Hoppe-Seylers Z. **122**, 245 (1922).

Versuche zur Demonstration des Pflanzenwachstums unter dem Einfluß starker Reize.

Von M. REICH und F. FÖRSTER, Göttingen.

In den letzten Jahren sind mehrfach Versuche unternommen worden, die Entwicklung von Pflanzen durch künstliche Bestrahlung oder durch elektrische Felder zu fördern. Der Erfolg solcher Versuche läßt sich in der Regel erst nach einiger Zeit nachweisen durch Vergleich dieser besonders behandelten Pflanzen mit den unter normalen Bedingungen gehaltenen. Es gibt jedoch eine Methode, welche die Wirkung solcher Reize sofort zu erkennen und sogar einem größeren Kreis leicht zu demonstrieren gestattet; das ist die Methode, die unter dem Namen „Schwebungstonverfahren" zur Messung kleiner Kapazitätsänderungen angewendet wird; sie kann auch zur Messung äußerst kleiner Längenänderungen benutzt werden, da sich diese unter Umständen leicht mit Kapazitätsänderungen verbinden lassen.

Im folgenden soll gezeigt werden, wie sich diese Methode auch zur quantitativen Bestimmung einer Längenänderungsgeschwindigkeit, also z. B. der Wachstumsgeschwindigkeit (W.-G.) von Pflanzen verwenden läßt, wie man daher messen kann, wie stark und wie schnell Pflanzen auf Reize verschiedener Art und Stärke reagieren, und wie lange Zeit die Pflanzen brauchen, um nach diesen Reizwirkungen wieder zur normalen W.-G. überzugehen.

Die Apparatur.

Das Schwebungstonverfahren erfordert 2 durch Elektronenröhren gespeiste Schwingungskreise, die auf fast gleiche Frequenz abgestimmt sind. Die Differenz der Schwingungsfrequenzen, die durch Detektor und Lautsprecher hörbar gemacht wird, der „Schwebungston", ändert sich bei Änderungen der Kapazität eines Schwingungskreises. Um das Wachsen der Pflanze durch Änderung des Schwebungstones hörbar zu machen, läßt man den Kondensator des einen Schwingkreises aus 2 Platten bestehen, von denen die eine fest angeordnet ist, während die andere an einem Arm eines Waagesystems befestigt ist, gegen dessen anderen Arm die Spitze der zu untersuchenden Pflanze drückt. Das System ist so ausbalanciert, daß die Pflanze bei ihren Ausdehnungen keine nennenswerte Arbeit zu leisten hat. Die Empfindlichkeit läßt sich leicht so einstellen, daß beim normalen Wachsen der Ton in wenigen Minuten auf die Oktave steigt. Unter Benutzung einer geeichten Pfeife und einer Stoppuhr kann man auf diese Weise Änderungen der W.-G. unter dem Einfluß von Reizen deutlich erkennen und demonstrieren.

Zu quantitativen Messungen ist dieses Verfahren etwas unbequem und ungenau, besonders da die beim Wachsen der Pflanze fortwährend notwendige Neueinstellung die Umrechnung der Tonänderung in die Abstandsänderung der Kondensatorplatten und damit in die Längenänderung der Pflanze recht umständlich macht. Vervollkommnen ließ sich die Anordnung in einfacher Weise dadurch, daß die Änderung des Schwebungstones durch eine meßbare Verstellung eines Präzisionskondensators kompensiert wurde, und daß diese Verstellung automatisch durch eine Schreibvorrichtung auf einer Registriertrommel aufgezeichnet wurde, die außerdem durch eine Uhr Zeitmarkierungen erhielt. Da die Kapazität eines Plattenkondensators annähernd umgekehrt proportional dem Abstand der Platten ist, ist eine lineare Beziehung zwischen Pflanzenwachstum und Verstellung des Kompensationskondensators allerdings nicht ohne weiteres vorhanden; es ließ sich jedoch die Anordnung so treffen und die Einstellung des Kompensationskondensators jeweils so wählen, daß diese Linearität vorhanden war.

Zur Messung war mithin erforderlich, daß eine beobachtete Tonänderung sofort durch Nachdrehen des Kompensationskondensators wieder ausgeglichen wurde. Um diese Tonänderung sofort erkennen zu können, wurden die Schwebungen beobachtet, die dieser Ton mit dem einer Pfeife ergab, die durch einen dauernden Luftstrom angeblasen wurde.

Versuche.

Zur Untersuchung kamen teils kleine Hafer- und Gerstepflänzchen, teils Gladiolen; letztere sind besonders gut geeignet, weil sie einen harten, kräftigen Trieb haben und sie sich auch nach starken Reizen recht gut wieder erholen.

1. Reizung durch Bestrahlung: In Fig. 1 ist der typische Verlauf einer durch Bestrahlung mit ultraviolettem Licht gereizten Pflanze wiedergegeben: Die Strecke $O-A$ zeigt die normale W.-G. (etwa 0,1 μ in der Sek.). Während der Belichtung (Strecke $A-B$ gleich 10 Sek.) mit einer Quecksilberlampe (Höhensonne) in einem Meter Abstand stockt das Wachstum, setzt danach langsam wieder ein und erreicht nach etwa 40 Sek. eine Geschwindigkeit von etwa 0,3 μ/sec. Diese verdreifachte W.-G. hält etwa 90 Sek. an, dann scheint die Pflanze zu ermüden, ihre W.-G. sinkt unter den normalen Wert; erst nach etwa 5 Minuten hat sie sich wieder erholt und ihre ursprüngliche W.-G. von 0,1 μ/sec wieder erreicht. Man kann danach die Bestrahlung mit etwa dem gleichen Erfolge wiederholen. Wird die Bestrahlungszeit verdoppelt, so steigt auch die Dauer des beschleunigten Wachstums etwa auf das Doppelte. Bei noch längeren Bestrahlungszeiten bleibt diese Proportionalität jedoch nicht bestehen; die Dauer des beschleunigten Wachstums wird relativ kleiner. Zu lange oder zu häufige Bestrahlung schädigt die Pflanze, sie welkt ab. Ähnliche Kurven wie Fig. 1 erhält man bei Bestrahlung mit einer Kohlenbogenlampe, einer Eisenbogenlampe oder einer Vitaluxlampe; entsprechend der geringeren Intensität ihrer ultravioletten Strahlung sind hier jedoch längere Reizzeiten erforderlich. Eine Prüfung der Frage, ob die gleiche Bestrahlungszeit in kontinuierlicher Folge oder intermittierend die gleiche Wirkung habe, ergab, daß intermittierende Beleuchtung kräftiger wirkt. In Fig. 2 zeigt Kurve A

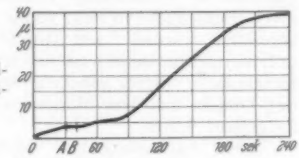


Fig. 1. Wachstum bei Reizung nach Bestrahlung.

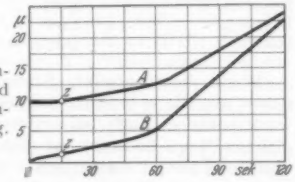


Fig. 2. Wachstum nach kontinuierlicher (*A*) und nach intermittierender (*B*) Bestrahlung.

die Wirkung einer kontinuierlichen Beleuchtung von 20 Sek., Kurve B die einer Beleuchtung von 4 mal 5 Sek. mit je 5 Sek. Pause. Im ersten Fall ist die W.-G. 0,22 μ/sec, im zweiten Fall 0,30.

Besonders interessant ist, daß bei einer Pflanze mit mehreren Trieben die Wirkung des Reizes eines Triebes sich mit einer zeitlichen Verzögerung auch auf den anderen Trieb überträgt. Fig. 3 zeigt ein solches Versuchsergebnis: Es wurde nur die Spitze des Triebes *A* beleuchtet. Die Punkte *Z* bezeichnen jeweils das Ende der Belichtungszeiten. Im Trieb *A* setzt das beschleunigte Wachsen nach etwa 35, im Trieb *B* nach etwa 65 Sek. ein. Bei Bestrahlung des Triebes *B* ergab sich die gleiche Verzögerung für Trieb *A*.

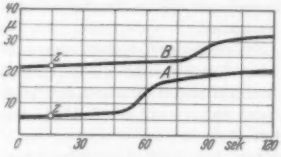


Fig. 3. Wachstum des bestrahlten Triebes (*A*) und des unbestrahlten Zwillingstriebes (*B*).

II. Reizung durch elektrische Felder: Diese kann man in mannigfacher Weise wirken lassen, als Gleich- oder Wechselfelder, in horizontaler oder vertikaler Richtung; in letzterem Fall mit einem Spannungsgefälle, das dem des Erdfeldes gleich- oder entgegengesetzt gerichtet ist. In allen Fällen konnte eine deutliche Wirkung beobachtet werden. In der Regel blieb die Pflanze nach dem Einschalten des Feldes in der ersten Minute in ihrem Wachstum etwas zurück, um danach mit beschleunigtem Wachstum zu reagieren. Ein Beispiel zeigt Fig. 4: Die W.-G. ohne Feld (Kurve A) beträgt etwa 0,86 μ/sec, bei Punkt *Z* (Kurve B) wird ein Feld von 1000 Volt/Meter eingeschaltet, die W.-G. erreicht nach einer Minute den Wert 1,23 μ/sec.

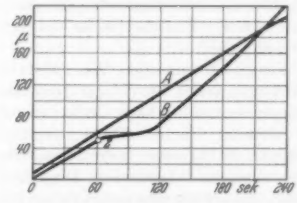


Fig. 4. Wachstum im elektrischen Felde.

Ein vertikales Feld mit positivem Gefälle, das also dem normalen Erdfeld gleichgerichtet ist, wirkt weniger stark als eins mit negativem Gefälle. In Fig. 5 entspricht *A* dem Wachsen ohne Feld, *B* dem Wachsen in einem Feld von 1000 Volt/Meter mit positivem Gefälle und *C* dem im gleichen Feld mit negativem.

Nach dem Abschalten des Feldes zeigen die Pflanzen im Gegensatz zu den Reizwirkungen bei Bestrahlung keine Ermüdung, sie gönnen sich keine Ruhepause, sondern gehen langsam wieder auf ihre ursprüngliche W.-G. zurück. Bei einem Versuch betrug z. B. die W.-G. ohne Feld 0,44 μ/sec, mit Feld 0,89, und sank nach Abschalten des Feldes in 45 Sek. auf 0,72 μ/sec und in 8 Minuten auf 0,57.

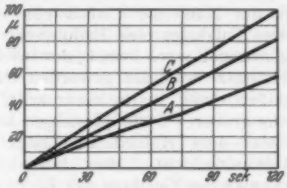


Fig. 5. Wachstum im elektrischen Felde mit positivem (*B*) und negativem (*C*) Gefälle.

Eine Erhöhung des Gradienten verstärkt die Wirkung. Erzeugt man das Feld nicht durch 2 Platten unter und über der Pflanze, sondern ersetzt die obere Platte durch eine Spitze, so steigt die Wirkung (Fig. 6, Kurve A: Wachstum ohne Feld, Kurve B: Wachstum im Feld zwischen 2 Platten, Kurve C: Wachstum im Feld zwischen Platte und Spitze).

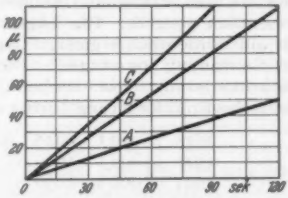


Fig. 6. Wachstum unter einer oberen Elektrode als Platte (*B*) und als Spitze (*C*).

Wechselfelder von 50 Perioden ergeben eine geringere Wirkung als entsprechende Gleichstromfelder. Es betrug z. B. bei verschiedenen Pflanzen die Steigerung der W.-G. im Mittel bei Gleichstrom etwa 100%, bei Wechselstrom etwa 30%.

Weitere Versuche: Die angegebenen Versuche sollten zunächst die Brauchbarkeit der Methode erweisen, Reaktionen von Pflanzen auf Reize verschiedener Art quantitativ zu verfolgen. Es ist bei Bestrahlungen vor allem noch zu prüfen, welche Wellenlängen besonders wirksam sind, ob hier vielleicht auch nur ein schmaler Bereich des Spektrums besonders fördernd wirkt, wie bei den Bestrahlungen der Haut auch nur ein gewisser Spektralbereich, die hygiedorische Strahlung, als gesundheitbringend erkannt worden ist. Es ist ferner zu prüfen, ob die Wirkung der ultravioletten Strahlung durch langwellige Strahlen kompensiert oder rückgängig gemacht werden kann; einige Versuchsergebnisse scheinen auf einen solchen Effekt hinzudeuten.

Bei elektrischen Reizen wird zunächst die für die Praxis wichtige Frage zu prüfen sein, welche Stärke die Pflanze bei Dauerreizung verträgt, und ob dieser Reiz auch dauernd wirksam bleibt, oder ob die Pflanze dagegen abgestumpft wird.

Die Wirkung magnetischer Felder wurde bereits untersucht, doch konnte ein Einfluß mit Sicherheit nicht festgestellt werden.

Neues zur Erdölentstehung.

Volkenroda. Muttergesteine des Erdöls. Reine Erdöllinsen. Mangel an Forschungsmitteln.

Von R. POTONIÉ, Berlin.

Im Zechsteindolomit des Kalibergwerks Volkenroda in Thüringen ist Erdöl aufgefunden worden. Erdöl, das am 2. Juni 1930 ganz unerwartet in die Grubenbaue drang. Drei Bergbeamte gerieten in eine Ansammlung von Benzindämpfen, die sich an den Grubenlampen entzündeten und den Männern den Tod durch Explosion brachten. Es blieb nichts übrig, als alle Schächte des Bergwerks

dicht abzudecken; so wurden die Flammen nach Verbrauch des Sauerstoffs der Grubenluft allmählich erstickt. Nach 16 Tagen war die Grube wieder befahrbar. Die Untersuchung ergab, daß in der Nähe der Unfallstelle von unten her aus dem Salzlager eine Erdölquelle in die Grube eingedrungen war. Druck, der infolge des Abbaus der Kalisalze wirksam geworden war, hatte das Aufreißen einer Spalte verursacht, in der das Erdöl aus größerer Tiefe aufsteigen konnte. Etwa 55 m unter dem Kalisalzlager liegt eine 40 m starke Dolomitschicht. Hier befindet sich in Klufträumen des Gesteins das Erdöl, das nunmehr aufgefangen und gewonnen wird. Im November 1930 zeigte sich an einer zweiten Stelle ein Erdölzufluß, der noch mehr Öl als der erste brachte. Inzwischen war die Verwaltung des Werkes dazu übergegangen, mit Bohrungen von den Grubenbauen aus den Dolomit aufzuschließen. Sie hatte damit den gewünschten Erfolg und konnte die Ölförderung wesentlich steigern. Die Lagerstätte erwies sich als außerordentlich ergiebig. Gegenwärtig beträgt die Gewinnung 500 t täglich. Dies entspricht einer Jahresförderung von 100000 t. Die bisherige deutsche Erdölförderung betrug ohne Volkenroda:

1925	79000 t	1928	92000 t
1926	95000 t	1929	103000 t
1927	97000 t	1930	170000 t

Das Erdöl von Volkenroda wird in der Hydrierungsanlage des Leunawerkes in Merseburg zu Leunabenzin verarbeitet. Ursprünglich sollten hier durch Hydrierung von Braunkohle Ölprodukte hergestellt werden.

FULDA (1931) u. a. haben die geologischen Verhältnisse von Volkenroda geschildert. FULDA hat dabei geäußert, daß das Erdöl gleichzeitig mit dem Zechsteindolomit entstanden ist. Für diese Ansicht scheint (R. POTONIÉ, 1928) das mikroskopische Bild des Zechsteindolomits zu sprechen. Wenn auch das in dem Zechsteindolomit vorhandene Erdöl so flüssig ist, daß man sich vorstellen könnte, es sei erst nachträglich in das Gestein eingedrungen, so enthält der Dolomit doch vielfach kleinste Pyritkügelchen. Die Pyritkügelchen gehen auf Ausscheidungen von Schwefeleisen zurück, die einst durch die Tätigkeit von Bakterien erzeugt worden sind. Derartige Bakterien aber leben bei Gegenwart von wenig Sauerstoff, also unter Verhältnissen, die die Anhäufung und Erhaltung der zur Erdölentstehung geeigneten organischen Reste gestatten. Eiweißkörper, Fette, Öle, das sind die Labilprotobitumina, deren Anhäufung viele Forscher für die Bildung des Erdöls für nötig halten; diese, bzw. ihre Zersetzungsprodukte können sich aber nur unter ganz bestimmten O-armen, durch gewisse Bakterien angezeigten Bedingungen anhäufen. Weiter zeigt der Zechsteindolomit Erscheinungen der Umkristallisation. Es haben sich später Gruppen größerer Kristalle herausgebildet, die mehr oder minder frei von Öl sind; sie haben dieses wohl bei der Kristallisation aus ihrem Bereich herausgedrängt. Das Öl scheint also schon vor der Umkristallisation vorhanden gewesen zu sein. Diese aber wäre durch Druck und Temperatur begünstigt worden, also durch Einwirkungen, ohne die das Öl kaum in den Zechsteindolomit hineingelangt sein könnte.

Gegen die Annahme eines primären Öls im Zechsteindolomit spricht das Vorhandensein von Fossilien, wie Zweischalern usw., die sicher nicht in ganz denselben Räumen zu leben vermochten, in denen auch die Bedingungen zur Anhäufung der Erdölprotobitumina gegeben waren. *Es bleibt aber die Möglichkeit, daß im Bereich des Dolomits und zum Teil in diesen übergehend, ein mehr oder minder reiner Faulschlamm entstand.*

Mit allen diesen Überlegungen haben wir uns von vornherein auf den Standpunkt gestellt, das Erdöl entstehe aus Anhäufungen pflanzlicher und tierischer Herkunft, und zwar wohl wesentlich aus solchen planktonischer Art.

Hier sei eingeschaltet, daß auch die Entstehung des Erdöls auf ganz oder doch halb anorganischem Wege immer wieder versichert wird. In der Tat ist dagegen nur einzuwenden, daß hierfür sichere geologische Beweise fehlen, während solche für die organische Theorie vorhanden sind. Chemisch läßt sich nichts gegen die anorganische Theorie vorbringen, es sei denn die bekannte Fluoreszenz des Erdöls. Als geologischer Hinweis wird das Vorkommen von Kohlenwasserstoffen in vulkanischen Exhalationen und Gesteinen betrachtet. Hierzu kann gesagt werden, daß die vulkanischen Stoffe auf ihrem Weg durch die Erdrinde sehr wohl in Berührung mit Gesteinen zu gelangen vermögen, die organische Substanzen enthalten oder gar ganz aus ihnen bestehen. An der Erdoberfläche vervielfacht sich diese Möglichkeit.

Eine wichtige Frage ist nun die: Wo entsteht heute vor unseren Augen jener Stoff, aus dem das Erdöl hervorgegangen sein soll? Man verweist auf die Faulschlamme unserer Seen. Diese, als Sapropelite bezeichneten Schlamme gehen wesentlich aus dem pflanzlichen und tierischen Plankton der Gewässer hervor. Es treten uns unter ihnen die verschiedensten Arten entgegen. Zunächst ist das Verhältnis zwischen organischer und anorganischer Substanz einem starken Wechsel unterworfen. Beimengungen von Ton, Kalk, Sand und „organischen Kieselsäuren" spielen eine oft beträchtliche Rolle. Sodann ist auch die Zusammensetzung der organischen Substanz recht verschieden. Dementsprechend kann vermutet werden, daß die verschiedenen rezenten Sapropelite auch Muttergesteine ganz verschiedenartiger fossiler Vorkommen sind. So wären zunächst die Kohlen, das Erdöl und die Ölschiefer in den Bereich der Betrachtung zu ziehen.

Die Beschaffenheit des in einem Gewässer auftretenden Schlammes ist u. a. abhängig von der mehr oder weniger großen Bewegung des Gewässers, von seiner Tiefe, seiner Größe, seinem Gehalt an mineralischer Substanz, den klimatischen Verhältnissen usw.

Bei den Binnenseen lassen sich dementsprechend u. a. eutrophe von oligotrophen Seen unterscheiden. In einem eutrophen See ist die Produktion an organischer Substanz so groß, daß die zur Verfügung stehenden Sauerstoffmengen zur weitgehenden Zersetzung der immer von neuem gebildeten organischen Substanz nicht ausreichen. Im Schlamm des Müggelsees bei Berlin ist z. B. ein gewisser Überschuß an Sauerstoff vorhanden. Der Schlamm enthält daher nach HORST POTONIÉ (1931) vom Frühjahr bis in den Herbst je nach den regionalen Verhältnissen in der Mengeneinheit eine ganz bestimmte Gewichtseinheit von Zuckmückenlarven (Chironomus plumosus), denen er zur Nahrung dient, und die ihrerseits eine Hauptnahrung der Fische sind. Ein See mit Zuckmücken-reichem Sapropelit ist also vom Standpunkt der Fischwirtschaft als ein fruchtbarer zu bezeichnen. Sein Schlamm (obgleich er sich reichlich anhäuft), verarmt in der aktuellen Schicht an dem für das Erdöl notwendigen Labilprotobitumen. Der Schlamm enthält danach einen beträchtlichen Prozentsatz von Exkrementen und somit die in dem Schlamm vorhanden gewesenen Eiweißkörper, Fette und Öle bereits in weitgehend umgewandelter Form. Nur in der obersten, der aktuellen Schicht des Schlammes, finden sich diese Labilprotobitumina noch in größerer Menge. Die für das Erdöl nicht in Frage kommenden Stabilprotobitumina wie die durch Pollen- und Sporenexinen gelieferten Korkarten sowie die durch Zersetzung gewisser Labilprotobitumina entstehenden Wachse reichern sich dagegen an. Gern sind solchen Metasapropelen größere Mengen sekundärer mineralischer, insbesondere toniger Substanz beigemengt, die zum Teil auf eine mehr oder weniger nennenswerte Bewegung des Wassers hinweisen.

Als Muttergesteine des Erdöls kommen die Metasapropele (zu denen manche Gyttjaen gehören) also nicht in Betracht, da ja in ihnen die Ausgangsprodukte des Erdöls (die leichter zerstörbaren Eiweißkörper, Fette und Öle, kurz die Labilprotobitumina) schon bald in ihrer Menge beträchtlich eingeschränkt worden sind. Es läßt sich vermuten, daß sie die Muttergesteine gewisser metabituminöser bis stabilprotobitumöser Ölschiefer sind, in denen sich das Bitumen lediglich oder doch fast ausschließlich in Form von fester Substanz vorfindet, dem Gesteinsbitumen (Kerogen, Polybitumen oder besser Stabilmeta- und Stabilprotobitumen).

Wo in unseren eutrophen Seen (bei größeren Seen z. B. in ruhigeren Buchten, jedenfalls näher dem Ufer, sonst in kleineren Seen) infolge der Ufervegetation und der untergetauchten größeren Wasserpflanzen die Zelluloseproduktion groß ist, genügt die vorhandene Sauerstoffmenge nicht zum weitergehenden Angriff der Labilprotobitumina. Biologisch wird dies u. a. erkennbar am Zurücktreten der Zuckmückenlarven. Ein derartig beeinflußter See geht im Fischreichtum zurück. Hier reichern sich die außer der Zellulose mit dem Plankton in den Schlamm gelangenden Labilbitumina an; sie werden nicht so weitgehend abgebaut. HELLMERS untersuchte auf meine Bitte solchen Humosapropelit (mit Zellulosefeindetritus = bis Dy) aus den Teufelssee an den Müggelbergen und fand dieses zellulosereiche Produkt auch reicher an Fetten als den Metasapropel des Mügelsees. KRUSCH beobachtete in einem mit Humosapropel (Grobdetritus) erfüllten Graben in Rüdersdorf, daß beim Durchstoßen des Schlamms mit einem Stock nicht nur (infolge der Zellulosevergärung) reichlich Methan aufstieg, sondern auch Fett, welches sich an der Oberfläche des Wassers ausbreitete. Verfasser sammelte derartiges Material und STOCKFISCH stellte fest, daß es sich tatsächlich um Fette handelte.

Es scheint somit im Humosapropel (bis Saprohumit) ein vor unseren Augen sich bildendes Gestein gegeben zu sein, das als Muttergestein des Erdöls in Frage kommt. Indessen hat TERRES darauf hingewiesen, daß die Abbauprodukte der Labilprotobitumina, da wo sie zusammen mit denen der Zellulose auftreten (wie also im Humosapropel) sehr bald zu stabilen Verbindungen streben. Wir würden so zu der Annahme gelangen, das Humosapropel als das Ausgangsprodukt gewisser Kohlen aufzufassen, so z. B. der Cannelkohle und vielleicht auch der breiteren matten Streifen der gewöhnlichen Kohlen unserer Carbonformation. Dieser Ansicht ist auch HENRY POTONIÉ gewesen. Nach ihm sind die Sapropelite sowohl Muttergesteine des Erdöls (welches er einen abgeleiteten Sapropelit nennt) als auch der Ölschiefer und gewisser Kohlen. Da HENRY POTONIÉ unter den rezenten Bildungen ausdrücklich die Faulschlammtorfe abgrenzt, zu denen er auch die Dy enthaltenden Sapropelite rechnet, ist klar ersichtlich, welche Art von Sapropeliten er sich als Muttergesteine der Cannelkohlen und der Mattstreifen der Humuskohlen dachte, die Humosapropelite.

Aus dem bisherigen ergibt sich, daß wir weder die zellulose- bis dyreicheren Sapropelite (die Humosapropelite), noch die Metasapropelite als Muttergesteine des Erdöls auffassen sollten.

Man hält vielfach geringe Mengen flüssigen Bitumens, die sich in den Ölschiefern neben dem festen Stabilmetabitumen vorfinden, für den nach der Auspressung im Gestein verbliebenen Erdölrest. Hierfür gibt es keinen geologischen Beweis. Theoretisch läßt sich dagegen sagen, daß dann jedenfalls nur diejenigen Ölschiefer als Muttergesteine in Frage kommen dürften, die mit Bitumen gesättigt sind. Weiter fragt man, warum es dann keine mit vorgebildetem Erdöl gesättigten Ölschiefertone gibt, warum in ihnen immer nur so gut wie nur der hochpolymere Rest verblieben ist, und von diesem selten größere Mengen. Recht groß sind die Schwierigkeiten einer Depolymerisationstheorie, nach der alles das, was sich depolymerisierte, sofort so gut wie restlos ausgepreßt wurde, so daß wir keine Übergangsstadien finden. Auch fragen wir, warum *einmal* Sapropelkohlen ohne

Öl, ein andermal Ölschiefer und abgepreßtes Öl entstanden sind. Sind doch, ganz abgesehen vom Ausgangsmaterial, die „Polybitumina" der Sapropelkohlen denen der Ölschiefertone ziemlich verwandt. Zu wenig beachtet wurde eben bisher, daß es die verschiedensten rezenten Sapropelite gibt. Unter ihnen wurden die für uns wichtigsten, die zellulosefreien labilprotobituminösen Spielarten größerer Wassertiefen, das sind die Eusapropele, bisher am wenigsten auf ihre chemische Beschaffenheit untersucht Benade ist daher seit einiger Zeit mit der Herausarbeitung einer Methode zu ihrer chemischen Erforschung beschäftigt.

Diese Eusapropele können wie die Metasapropelite weiter vom Ufer entfernt abgesetzt werden, aber immer an Stellen, die dem Sauerstoff weniger Zutritt gestatten; so in begrenzten Senken. Hier ist den Zersetzungsprodukten der Fette, Öle und Eiweißkörper gute Gelegenheit gegeben, sich anzuhäufen. Während die Metasapropelite meist tonige und andere anorganische Bestandteile enthalten, ein Umstand, der auf ihre Verwandtschaft mit den Ölschiefern weist, ist das Eusapropel mehr oder weniger frei von anorganischen Bestandteilen. Es fragt sich nun, wie das Eusapropel im fossilen Zustande aussieht. Eine feste Kohle kann aus ihm (nach der Theorie) wegen des Mangels von Zelluloseabbauprodukten und des Überschusses von Labilprotobitumen nicht werden. In bituminöse Tone bis Kalke („Ölschiefer") kann sich das Eusapropel wegen des Fehlens der anorganischen Substanz nicht verwandeln. Sollten sich aus seinen Fetten und Ölen Petrolea bilden, so würden diese also zunächst keinen Erdölträger besitzen. Fast alles, was an organischer Substanz vorhanden wäre, könnte (wie auch aus Englers Untersuchungen hervorgeht) ohne den Umweg über einen festen („polybituminösen") Zustand in Erdöl übergehen. Solche Flüssigkeit aber, die unter den inzwischen über dem Eusapropel abgelagerten Schichten entsteht, wird sich früher oder später auf Spalten und durch poröse Gesteine eine sekundäre Lagerstätte suchen. Salzgehalt des Wassers könnte die Konservierung der Labilprotobitumina begünstigen.

Die amerikanische Industrie hat zur Klärung ähnlicher Fragen, deren Beantwortung der Praxis von großem Nutzen sein würde, große Mittel zur Verfügung gestellt. Man kann nicht sagen, daß diese Mittel schon viel gefördert hätten. Das liegt wohl daran, daß Amerika für solche Untersuchungen nicht der richtige wissenschaftliche Boden ist. Handelt es sich doch um Gedankengänge, die wesentlich von Deutschland ausgegangen sind. Leider aber besitzen wir jetzt nicht einmal so geringe Mittel, daß wenigstens die begonnenen Versuche zu einem gewissen Ende geführt werden können. Nicht einmal vielversprechende Anfänge lassen sich etwas verfolgen.

Literatur.

Ernst Fulda, Der Hauptdolomit des mittleren Zechsteins als Erdölmuttergestein. Kali u. verwandte Salze, Zeitschrift (Halle) **25**, 193 (1931). — Henry Potonié, Die rezenten Kaustobiolithe. Abh. Preuß. Geol. Landesamt. N.F. **55** (1908, 1911 u. 1912) (Berlin). — Horst Potonié, Untersuchungen über die Entwicklung und den Jahreszyklus von Chironomus plumosus. Z. Fischerei **29**, 317 (1931) (Neudamm) — Entlandung von Seen und Teichen. Z. Landwirtschaftskammer Prov. Oberschl. **1930**. — Robert Potonié, Allgemeine Petrographie der „Ölschiefer" und ihrer Verwandten mit Ausblicken auf die Erdölentstehung (Petrographie der Sapropelite). Berlin 1928.

Kurze Originalmitteilungen.

Unter Mitwirkung von Max Hartmann, Max v. Laue, Arthur Rosenheim und Max Volmer.

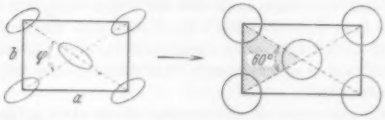
Für die kurzen Originalmitteilungen ist ausschließlich der Verfasser verantwortlich.

Der Herausgeber bittet, 1. im Manuskript der *kurzen Originalmitteilungen* oder in einem Begleitschreiben die Notwendigkeit einer raschen Veröffentlichung an dieser Stelle zu *begründen*, 2. die Mitteilungen auf einen Umfang von höchstens einer Druckspalte zu beschränken.

Rotationsbewegungen von Kettenmolekülen in normalen Paraffinen in der Nähe des Schmelzpunktes.

Strukturuntersuchungen von normalen Paraffinen in einem größeren Temperaturbereich haben gezeigt, daß die Ausdehnung des Kristallgitters in verschiedenen Richtungen sehr ungleich ist[1]. In den beiden Achsen normal zur Molekülachse beträgt die Ausdehnung 7% (a-Achse) und 2% (b-Achse) im Temperaturbereich von flüssiger Luft und Zimmertemperatur. Die Ausdehnung in der Richtung der Molekülachse ist viel geringer und konnte in der genannten Untersuchung noch nicht festgestellt werden.

Die Messungen sind in letzter Zeit weitergeführt worden und die Resultate scheinen darauf hinzuweisen, daß die Moleküle in der Nähe des Schmelzpunktes sehr erhebliche Schwingungen oder Rotationen um ihre Längsachse ausführen. Die Beobachtungen sollen kurz an Hand des folgenden Diagramms diskutiert werden:



Die Fig. A zeigt schematisch die Normalprojektion der langen CH_2-Ketten auf eine Ebene senkrecht zur Kettenachse, und zwar stellt die Zeichnung die Symmetrieverhältnisse dar, wie sie bei einer ganzen Serie von Paraffinen gefunden wird. Die Moleküle haben bekanntlich eine gleichmäßige Zick-Zack-Anordnung von CH_2-Gruppen. Ihre Projektion kann daher zweckmäßig durch geeignet orientierte Ellipsen dargestellt werden. Das Molekül in der Mitte der Basis wird aus einem Eckmolekül durch eine Gleitspiegelung an einer zur Kettenachse parallelen Ebene durch 'a' erhalten.

[1] Proc. roy. Soc. Lond. A **127**, 417 (1930).

Der Winkel zwischen den beiden Diagnosen liegt bei den untersuchten Substanzen zwischen 67° 10′ und 67° 40′, und zwar wenn dieselben bei Zimmertemperatur von 18—20° gemessen werden. Die niedrigste Zahl der C-Atome in dieser Untersuchung ist C_{21}, gemessen wurden ferner C_{23}, C_{24}, C_{25}, C_{26}, C_{27}, C_{29}, C_{30}, C_{31}, C_{34}.

Der Winkel φ ist von der Temperatur abhängig. Er nimmt mit wachsender Temperatur ab, indem sich die 'a'-Achse prozentual mehr ausdehnt als die 'b'-Achse. Der Endwert, den φ annimmt in der Nähe des betreffenden Schmelzpunktes, ist 60°, und zwar ohne Ausnahme[1] bei allen obengenannten Präparaten. Das schraffierte Dreieck in der Figur wird gleichzeitig und die ursprünglich wenig symmetrische Anordnung A der Kettenachsen geht in die hexagonale Packung B über.

Der Übergang von A nach B ist je nach der Zahl der CH_2-Gruppen verschieden. C_{21} und C_{22} zeigen einen vollkommen stetigen Übergang. In C_{24} und sämtlichen höheren Gliedern der Reihe zeigt sich zwischen den beiden Endstadien A und B eine Diskontinuität, die innerhalb eines Bruchteiles eines Temperaturgrades auftritt und reversibel ist. Vor und nach dieser Umwandlung gehört das Kristallgefüge dem Typ A an, d. h. der letzte Übergang zur höchstsymmetrischen Form ist stetig.

Vorausgesetzt, daß überhaupt an einer Modellvorstellung festgehalten wird, scheint die Erklärung dieser beobachteten Symmetriezunahme darin zu liegen, daß die Moleküle als Ganzes sehr große Schwingungen oder Rotationen um ihre Längsachse ausführen. Es ist dies von vornherein nicht unwahrscheinlich, wenn man bedenkt, daß das Trägheitsmoment eines Kettenmoleküls in bezug auf die Längsachse relativ klein ist. Es ist kaum anzunehmen, daß die Ketten sich selbst infolge der Temperaturbewegung wesentlich verdrehen oder überhaupt ihre Struktur ändern.

Kürzlich ist von PAULING[1] ein ähnlicher Fall beschrieben worden, wo ein Kristall von Amylammoniumchlorid bei höheren Temperaturen höhere Symmetrie zeigt als bei tiefer Temperatur. Die obigen Untersuchungen liefern ein weiteres Beispiel für solches Verhalten, und zeigen, daß die feineren Einzelheiten der Struktur bei höheren Temperaturen unter Umständen nicht zur Beobachtung gelangen.

London, Davy Faraday Laboratory Royal Institution, den 25. Februar 1932. ALEX MÜLLER.

[1] *Anmerkung bei der Korrektur.* Wie weitere Versuche zeigten, schmelzen die höheren Glieder der Serie, ehe $\varphi = 60°$ wird. Genauere Ausmessung der Photographien ergiebt bereits bei C_{29} Andeutungen in dieser Richtung. Im Bereich $C_{23} - C_{29}$ tritt die höchstsymmetrische Form mit $\varphi = 60°$ auf, ehe der Schmelzpunkt erreicht ist.

Hydrothermalsynthese von Muskovit.

Es gelang, eine der Muskovitzusammensetzung K_2O, 3 Al_2O_3, 6 SiO_2, aq. entsprechende kolloide Adsorptionsverbindung durch Erhitzen in einer Druckbombe bei Gegenwart von Wasser (5 Tage bei 300°) zu Muskovit umzuwandeln. Das amorphe Ausgangspräparat war durch Sorption von K^+ an einem nach SCHWARZ und BRENNER[2] dargestellten Gelkomplex Al_2O_3, 2 SiO_2, aq. erhalten worden[3]. Nach dem Erhitzen zeigte das Präparat Röntgeninterferenzen ausschließlich des Muskovits.

Der Weg, den die künstliche Darstellung genommen hat, entspricht den Prozessen, die in der Natur zur Bildung von Serizit (Muskovit) aus den Allophananteilen toniger Sedimente führen.

Die ausführliche Besprechung der Versuchsergebnisse wird in den Nachrichten von der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen erfolgen.

Göttingen, Mineralogisch-petrographisches Institut der Universität, den 29. Februar 1932. W. NOLL.

[1] Annual Survey of Americ. Chem. 5, 118—125.
[2] R. SCHWARZ u. A. BRENNER, Ber. dtsch. chem. Ges. 56, 1433 (1923).
[3] W. NOLL, Chemie der Erde 6, 1 (1930).

Gesellschaft für Erdkunde zu Berlin.

Am 6. Dezember 1931 sprach Professor J. WILSER, Freiburg i. Br., über **Transkaukasien,** das er als Land der Gegensätze und des Übergangs schilderte. Der 1200 km lange Kaukasus, dem als Fremdkörper zwei Vulkanriesen, im Westen der doppelgipfelige Elbrus (5600 m), im Osten der zuckerhutförmige Kasbek (5040 m) aufgesetzt sind, wird am Fuße des letzteren von der grusinischen Heerstraße, stellenweise in tiefen Schluchten durchquert. Verebnungsflächen sind bis 3000 m Höhe erkennbar. Am Westende streichen junge Verebnungsflächen in die Luft aus. Während das Gebirge selbst dem Übergang von Norden nach Süden Hemmungen entgegensetzt, bildet das südlich von ihm gelegene Transkaukasien ein nach Westen und Osten geöffnetes Durchgangsgebiet, welches seit dem Altertum als solches von den verschiedensten Völkern benutzt wurde. Hier begegnen sich abendländische Kultur und Orient, Christentum und Islam. Auch in physischer Beziehung macht sich der Gegensatz zwischen dem mittelmeerischen Etesienklima mit reichlichen Regenfällen bis zu 3000 mm Jahresmenge sowie dementsprechend üppiger Vegetation und der Trockenheit des Ostens bemerkbar. Hier sinkt die Regenmenge auf 200 mm, Steppe, Salzwüste und Halbwüste herrschen vor, und Ackerbau ist nur noch bei künstlicher Bewässerung möglich. Früher spielte namentlich die Baumwollkultur eine große Rolle, die jedoch seit dem Weltkriege aufgehört hat. Auch die Ausbeutung der Manganlagerstätten, welche früher die Hälfte der Weltproduktion an Manganerz lieferte, ist stark zurückgegangen. Dagegen steht die Erdölindustrie von Baku in voller Blüte. Auf dem Tempel der zoroastrischen Religion brennen riesige Fackeln, die von Erdgasleitungen gespeist werden.

Im armenischen Araxesgebiet besteht seit der napoleonischen Zeit eine Kolonie von Schwaben, die durch fleißige Bewässerung Oasen geschaffen haben, deren Giebelbauten den Eindruck eines württembergischen Dorfes hervorrufen. Dicht daneben freilich wohnen Tataren in Erdhöhlen, und der traditionelle Streit zwischen der seßhaften Bevölkerung und den nomadisierenden Tataren besteht noch immer fort. Seit den frühesten Zeiten ist Transkaukasien ein Land der größten ethnographischen Zersplitterung, in welchem eine bunte Rassen- und Sprachenmischung herrscht. Während manche Stämme in altertümlichen Formen steckengeblieben sind und eine höchst urwüchsige Lebensweise führen, z. B. in Pfahlbauten wohnen, blicken andere, wie z. B. die Georgier, auf eine reiche Geschichte und eine hoch entwickelte Kultur zurück. Namentlich im Gebirge bildet oft jede Siedelung ein Volk für sich, das seinen Wohnsitz zu einer

Festung ausgebaut hat und zahlreiche Verteidigungstürme besitzt, in welche sich die Bewohner bei kriegerischen Ereignissen zurückziehen. Im großen und ganzen erhält man den Eindruck eines abendländischen Kulturbildes, das von Osten her überwältigt worden ist. Neuerdings breitet sich der Neoamerikanismus auch hier immer weiter aus, und in Tiflis wie in anderen größeren Städten sieht man bereits Straßenviertel von dem bekannten internationalen Gepräge.

In der Fachsitzung am 21. Dezember 1931 behandelte Professor R. GRADMANN, Erlangen, das Thema **Unsere Flußtäler im Urzustand.** Die modernste Richtung der Anthropogeographie sucht besonders den Einfluß des Menschen auf die Natur festzustellen, durch welchen die Urlandschaft in ihre jetzige Form umgewandelt wurde. In keinem anderen Landschaftselement nun hat sich der menschliche Einfluß so grundlegend geltend gemacht wie in den Flußtälern. Durch Regulierung und Kanalisierung der Wasserläufe, Durchstechen von Mäandern, Errichten von Dämmen und anderen Wasserbauten sind durchgreifende Änderungen erfolgt, die zwar außerordentlich wichtig, aber zur Genüge bekannt sind.

Anders steht es mit der Pflanzendecke. Die flachsohligen Täler tragen meist einen Wiesenteppich, über dessen Entstehung zwei Theorien aufgestellt worden sind. Die von GRISEBACH, DRUDE, WARMING, TANFILJEW, CREDNER u. a. vertretene Urwiesentheorie behauptet, daß die Talwiesen ursprüngliche Pflanzenformationen seien, wofür die Gesetzmäßigkeit und Geschlossenheit ihres Vorkommens, das spontane Auftreten und der enge Zusammenhang mit dem Hochwassergebiet sprechen, indem die Wiesen meist bis zur Überschwemmungsgrenze reichen und dann erst der Wald oder das Ackerfeld beginnt. Insbesondere sei es der Eisgang, dem die Holzgewächse in der Überschwemmungszone immer wieder zum Opfer fallen müßten.

Nach der zweiten Theorie hat die Urvegetation aus Schilf, Auenwald, Erlenbruch und Moor bestanden und ist erst durch menschliche Tätigkeit in Wiesen umgewandelt worden. Vertreter dieser Theorie sind z. B. SCHLATTER, CHRIST, KRAUSE, GUNNAR, ANDERSSON, CAJANDER sowie der Vortragende selbst. Hiernach sind auch die Talwiesen als Kulturwiesen anzusehen, welche nur durch das regelmäßige Abmähen als solche erhalten werden. Es ist die Sense, die keinerlei Holzgewächs aufkommen läßt. Selbst Heide kann durch bloßes Mähen und Düngen in Wiese verwandelt werden, während nur selten Wiesen durch Rodung des Waldes geschaffen werden. Die Arbeit der Sense hat eine Auslese zur Folge, indem jede Pflanze dem Jahreszyklus (Tiefstand im Winter und Frühjahr — Hochstand und Heuernte im Juni — 2. Tiefstand — 2. Hochstand und Öhmdernte — 3. Tiefstand) angepaßt sein muß, was der Vortragende an zahlreichen Beispielen in überzeugender Weise näher ausführte.

Die floristische Zusammensetzung des Wiesenteppichs wird im allgemeinen vom Landwirt in keiner Weise absichtlich beeinflußt, zeigt sich aber gleichwohl wunderbarerweise dem wirtschaftlichen Zweck aufs vollkommenste angepaßt: Das Wiesenheu besteht ausschließlich aus Futtergewächsen; es enthält keinerlei Giftpflanzen. Auch das ist ein Werk der Sense und hängt offenbar damit zusammen, daß die Natur mit den Schutzmitteln gegen Weidetiere im allgemeinen keine Verschwendung treibt (E. STAHL). Die einzelnen Pflanzenarten sind entweder durch Gift *oder* durch Stacheln und Dornen bzw. sonstige Abschreckungsmittel *oder* aber durch ein starkes Regenerationsvermögen geschützt, fast niemals durch mehrere Schutzmittel zugleich. So kommt es, daß für die Giftpflanzen, Disteln usw. der Sensenschnitt, von dem sie getroffen werden, die Vernichtung bedeutet, während die Pflanzen mit starkem Regenerationsvermögen jedes Schutzmittels entbehren und daher die besten Futterpflanzen darstellen. Sie werden durch die regelmäßige Sensenarbeit, wenn auch unabsichtlich, geradezu gezüchtet. Wir haben hier einen der bemerkenswertesten Fälle von unbewußter Auslese des Zweckmäßigen, die nach KRZYMOWSKI überhaupt in der Landwirtschaft eine so große Rolle spielt, und der Wiesenbau muß als eine der wertvollsten Erfindungen aller Zeiten angesprochen werden.

Gegen die Urwiesentheorie wurden noch weitere Gründe ins Feld geführt, die sich namentlich auf die Wirkungen des Hochwassers beziehen: Die Alpenströme mit Hochwasser im Hochsommer machen den Wiesenbau unmöglich, und daher finden sich hier Auenwälder in der Talsohle und auf den Inseln. Nicht die Empfindlichkeit der Holzgewächse, sondern diejenige der Wiesenvegetation entscheidet. Besonders Weiden und Erlen sind wohl imstande, Hochwasser und Eisgang auszuhalten. Kommt es so weit, daß diese vernichtet werden, so wird auch der Rasen abgeschält. Wo menschlicher Einfluß fernbleibt, wie z. B. in Finnland und Sibirien, da findet man keine Wiesen.

Aus historischen und prähistorischen Befunden ergibt sich das Bild, daß es noch zur Römerzeit in Deutschland keine Talwiesen gab. Die großen Waldgebiete blieben auch auf den Talsohlen völlig unbestellt. Auch die prähistorischen Wege führten nicht durch die Flußtäler, vielmehr oben auf den Wasserscheiden entlang. Auch die Siedelungen lagen nicht unten im Flußtal, sondern auf den höheren Terrassen. Das Feld diente abwechselnd als Acker und Wiese. Dauerwiesen werden in der Merovingerzeit (5. bis 8. Jahrhundert) zuerst erwähnt. Noch ALBERTUS MAGNUS (1193 bis 1280) aber weiß nichts von natürlichen Wiesen.

Als Schlußergebnis läßt sich feststellen, daß botanische Analyse, geographische Vergleichung und historische Nachrichten übereinstimmend zeigen, wie die Flüsse ursprünglich von Auenwäldern und Moor begleitet waren. Die Nutzung begann wohl in der Regel damit, daß man das Vieh in die Auenwälder trieb, aus denen dadurch Trift, holzfreie Weide und zuletzt durch Mähen Wiese wurde. Systematische Rodung zum Zweck der Wiesengewinnung wird ebenfalls bezeugt, war aber wohl seltener. Bei der Wiesenbildung ist daher die menschliche Tätigkeit nicht bloß ein Faktor neben anderen, sie ist allein ausschlaggebend: ohne Sense keine Wiese! Ein Gegenbeweis zugunsten der Urwiesentheorie könnte nur durch das Experiment, nämlich durch Verwilderungsversuche geführt werden. Die Anstellung solcher Versuche wäre zur weiteren Klärung höchst erwünscht.

Am 9. Januar 1932 veranstaltete die Gesellschaft im Verein mit der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft eine Begrüßung der heimgekehrten **Deutschen Inlandeis-Expedition nach Grönland,** die mit einer Gedächtnisfeier für deren im Eise umgekommenen Leiter Professor ALFRED WEGENER verbunden wurde. Geheimrat E. KOHLSCHÜTTER, Potsdam, gab in einer von hoher Bewunderung und warmer Empfindung getragenen Gedenkrede ein Lebensbild des genialen Führers.

ALFRED LOTHAR WEGENER wurde am 1. November 1880 als Sproß einer alten märkischen Pastorenfamilie in Berlin geboren, promovierte mit einer astronomischen Dissertation über die Alphonsinischen Tafeln, fand jedoch in der Beschäftigung mit der Astronomie keine

Befriedigung wegen des Mangels an körperlicher Arbeit, die ihm Lebensbedürfnis war. Als Schüler des Meteorologen WILHELM VON BEZOLD wurde WEGENER Assistent am Preußischen aeronautischen Observatorium in Lindenberg und führte am 5. bis 7. April 1906 zusammen mit seinem Bruder KURT eine Freiballonfahrt aus, die großes Aufsehen erregte, weil sie 52 Stunden dauerte, und damit der junge Anfänger bereits auf seiner dritten Ballonfahrt den 35stündigen Weltrekord des erfahrenen und durch seine Erfolge auf aeronautischem Gebiet berühmten französischen Luftschiffers Graf DE LA VAUX überholte. Dieses Bestreben zu Höchstleistungen zieht sich wie ein roter Faden durch sein ganzes Leben. Er nahm schon als Student eine Durchquerung Grönlands in Aussicht und beteiligte sich 1906 bis 1908 an der „Danmark"-Expedition nach Nordostgrönland unter der Leitung des dänischen Polarforschers MYLIUS-ERICHSEN, der im Herbst 1907 auf einer Schlittenreise verhungerte. An dem Hauptquartier Danmarks Havn (76° 46′ Nord) richtete WEGENER eine meteorologische Station ein und führte als erster mit Drachen und Fesselballons aerologische Untersuchungen bis 3000 m Höhe in der Arktis aus. Auf Schlittenfahrten bildete er sich zu einem Meister der arktischen Reisetechnik aus und besuchte auch die Sabine-Insel, wo im internationalen Polarjahr 1882—83 die deutsche Expedition ihre Arbeitsstätte hatte.

Seine wissenschaftlichen Arbeiten bei dieser ersten Grönlandreise erstreckten sich nicht nur auf die üblichen meteorologischen Beobachtungen, sondern umfaßten auch luftelektrische und erdmagnetische Messungen, Polarlichter, Luftspiegelungen und andere optische Erscheinungen. Neben den Publikationen über die „Danmark"-Expedition veröffentlichte er in den folgenden $3^1/_2$ Jahren neben einem Lehrbuch über die Thermodynamik der Atmosphäre noch 43 Abhandlungen, die Zeugnis für die Vielseitigkeit seines Forschungsgebietes ablegen.

Im Sommer 1912 ging WEGENER mit dem dänischen Hauptmann J. P. KOCH abermals nach Danmarks Havn, in dessen Nähe beide Forscher auf dem Inlandeise überwinterten, das erste Unternehmen dieser Art in der ganzen Geschichte der Polarforschung. Im Sommer 1913 erfolgte dann die Überquerung des Inlandeises an seiner breitesten Stelle bis nach Pröven ($72^1/_2$° Nord) an der Westküste. Vom 20. April bis 4. Juli dauerte diese Schlittenreise, bei welcher die Lufttemperatur auf −35° sank[1].

Den Weltkrieg machte WEGENER als Hauptmann mit und wurde nach zweimaliger Verwundung im Feldwetterdienst beschäftigt. Neben zahlreichen Abhandlungen brachte er während des Krieges sein Buch „Die Entstehung der Kontinente und Ozeane" heraus[2], in welchem er seine Kontinentverschiebungstheorie veröffentlichte, die ihn in der ganzen Welt berühmt machte. 1919 wurde er Leiter der Abteilung für theoretische Meteorologie an der Deutschen Seewarte zu Hamburg, wo er ein reiches Betätigungsfeld für wissenschaftliche Arbeiten fand. Seine Versuche mit dem Spiegeltheodoliten, der die Anvisierung der Pilotballons vom fahrenden Schiff aus gestattete, lieferten wichtige Grundlagen für den kommenden transatlantischen Luftverkehr.

1924 folgte WEGENER einem Ruf als Professor für Meteorologie und Geophysik an die Universität Graz, und gleichzeitig erschien sein, in Gemeinschaft mit seinem Schwiegervater W. KÖPPEN verfaßtes Werk „Die Klimate der geologischen Vorzeit", durch welches die Kontinentverschiebungstheorie eine wesentliche Stütze erhielt. Als Lebensziel jedoch galt ihm die Erforschung Grönlands, das ihm eine Fülle neuer Probleme, namentlich in glaziologischer und aerologischer Beziehung bot. Er brachte die Deutsche Inlandeis-Expedition zustande, deren erste Rekognoszierungsfahrt im Sommer 1929 er noch selbst schildern konnte[1]. Bei der Hauptexpedition 1930 aber verließ ihn sein Glücksstern. Ungünstige Eisverhältnisse und schlechtes Wetter verzögerten die Arbeiten, insbesondere den Transport der Ausrüstung für die Station Eismitte[2]. Es entsprach der hohen Auffassung von seiner Pflicht als Expeditionsleiter, daß er sein Leben einsetzte, um der Besatzung dieses einzigartigen Beobachtungspostens eine Handschlittenreise zu ersparen, die den sicheren Tod bedeutet hätte. Nach 40tägigem Marsch bei Lufttemperaturen bis −54° erreichte WEGENER die Station Eismitte, wo er jedoch nur $1^1/_2$ Tage ausruhte, denn der volle Erfolg der Expedition hing von seiner Anwesenheit auf der Weststation ab. Am 1. November 1930, seinem 50. Geburtstag, brach er zur Rückfahrt nach Westen auf. Im Mai 1931 fand man seine Leiche 189 km von der Weststation im Inlandeise. Der friedlich entspannte Ausdruck seines Gesichts und andere Umstände ließen darauf schließen, daß er nicht erfroren, sondern einem Herzschlag erlegen ist.

Am Schluß seiner Ausführungen gab KOHLSCHÜTTER einen kurzen Hinweis auf die drei Hauptarbeitsgebiete WEGENERS, die Thermodynamik der Atmosphäre, die Erforschung Grönlands und die Kontinentverschiebungstheorie, welch letztere er als die bedeutendste Leistung bezeichnete, die überaus anregend und befruchtend gewirkt hat. Man müsse sie als eine wissenschaftliche Großtat ersten Ranges bezeichnen, denn diese geniale Theorie habe die früher unlösbaren Widersprüche zwischen geophysikalischen Tatsachen und den Ergebnissen der paläobiologischen Forschung gelöst. Nach anfänglichem Widerspruch hat die Theorie mehr und mehr Zustimmung gefunden. Was WEGENER besonders auszeichnete, war sein Reichtum an Ideen, sein umfassendes Wissen, das jedoch niemals in Spezialfragen steckenblieb, sein feines Fingerspitzengefühl für Imponderabilien, die Abenteuerlust, welche ihm aber stets nur Mittel zum Zweck war, und seine persönlichen Eigenschaften, die ihn als einen liebenswerten Menschen von makelloser Reinheit in unserer Erinnerung fortleben lassen.

Eine ausführlichere Biographie hat H. BENNDORF, Graz, verfaßt[3], der im Anhang ein Verzeichnis der 170 Veröffentlichungen WEGENERS gibt, die sich auf die verschiedenartigsten Naturerscheinungen wie Wasserhosen, Blitzschläge, Wolkenformen, Meteore, Nordlichter, Dämmerungsbögen, Luftspiegelungen, Zodiakallicht, Halos, Regenbögen, Haareis, Schneekristalle, Staubwirbel, Aufsturzkrater, Polverschiebungen, Mondgezeiten, Schallerscheinungen, Nebensonnen, Luftwogen usw. beziehen. Eine weitere Würdigung der genialen Persönlichkeit des Forschers verdanken wir H. v. FICKER[4]. Alle, die WEGENER kannten,

[1] Eine ausführliche Beschreibung dieser denkwürdigen Expedition gibt das Werk: J. P. KOCH, Durch die weiße Wüste. Die dänische Forschungsreise quer durch Nordgrönland 1912/13. Deutsche Ausgabe besorgt von ALFRED WEGENER. X u. 248 Seiten. Mit 158 Textabb. u. 2 Karten. Berlin: Julius Springer 1919.

[2] Vgl. Naturwiss. **17**, 275—278 (1929).

[1] Naturwiss. **18**, 162—163 (1930); **19**, 621 (1931).

[2] Naturwiss. **19**, 746—748 (1931).

[3] Gerlands Beiträge zur Geophysik, Leipzig **31**, H. 4, 337—377 (1931). Mit Porträt.

[4] Meteorolog. Z., Braunschweig **48**, 241—245 (1931). Mit Porträt.

stimmen darin überein, daß die Wissenschaft einen ihrer Besten verloren hat, in dem Organisationstalent, schöpferische Phantasie, Streben nach Erkenntnis der Wahrheit und eiserner Fleiß sich in seltener Harmonie vereinigten. Aber über den Kreis der Wissenschaft hinaus beklagt die Menschheit in ihm eine vorbildliche Persönlichkeit von schlichter Einfachheit, seltener Bescheidenheit, treuer Kameradschaft und tiefinnerlicher Vornehmheit.

Im zweiten Teile der Veranstaltung gab Professor KURT WEGENER, Berlin, der nach dem Tode seines Bruders die Leitung der Expedition übernahm, eine gedrängte Übersicht über die *Ergebnisse der Expedition*. Drei Stationen wurden unter dem 71. Breitengrade errichtet, die Hauptstation an der Westküste in 950 m Höhe, die Oststation am Nordufer des Scoresby-Sundes, 150 km von der Außenküste entfernt, und die Station Eismitte 400 km von jeder der beiden Küstenstationen in 3000 m Höhe. Das Winterhaus der Weststation war auf dem Eise erbaut, das hier 100 m dick ist, und schneite im Winter bis an das Dach ein. In 200 km Küstenabstand wurden Meteorographen aufgestellt, deren Registrierdauer 3 Monate betrug, und die von jeder vorbeipassierenden Schlittenexpedition neu aufgezogen wurden. So konnte man feststellen, daß sich jenseits von 100 km Küstenabstand die Lufttemperatur niemals über den Gefrierpunkt erhebt. Aerologische Aufstiege gelangen mehrfach, trotzdem der Amerikaner H. HOBBS die Unmöglichkeit der Verwendung von Drachen auf dem grönländischen Inlandeise behauptet hatte. Die Messungen der Eisdicke nach der seismischen Methode, wobei man durch Sprengungen im Eise Erschütterungswellen erzeugt, die am Felsboden reflektiert werden, wurden dadurch kompliziert, daß die Laufzeiten der Wellen sich mit der Tiefe ändern, so daß eine Dickenmessung etwa eine Woche Zeit in Anspruch nimmt. Bei Eismitte ergab sich eine Eisdicke von 2700 m, so daß dort der Felsboden nur 300 m über dem Meeresniveau liegt. Die Messungen zeigten stellenweise sehr bewegtes Bodenrelief, Täler und Berge mit Abhängen bis zu 30° Gefälle. Zur Untersuchung der Isostasie dienten Schweremessungen mit dem Pendel. Die Station Eismitte wurde durch Nivellementszüge in drei Etappen, nämlich 0—38, 38—300 und 300—400 km Küstenabstand mit der Weststation verbunden, so daß jetzt zum ersten Male die Höhenverhältnisse des Inlandeises in zuverlässiger Weise bestimmt sind Es erwies sich, daß das Gelände nicht gleichmäßig, sondern in großen Stufen binnenwärts ansteigt. Von großer Bedeutung für die Reisetechnik auf dem Inlandeise waren die Erfahrungen mit den isländischen Ponies und den Propellerschlitten. Letztere sind den Hundeschlitten auch insofern überlegen, als die Hunde auf dem Inlandeise ausschließlich auf das mitgeführte Futter angewiesen sind. Das Spaltengebiet am Westrande des Eises hatte im Sommer 1930 nur 15 km, 1931 dagegen 62 km Breite. Jenseits 62 km dürfte demnach die Horizontalbewegung des Inlandeises an dessen Oberfläche aufhören. Auch die Abbrüche der Gletscher im Meere zeigen große Verschiedenheiten. Der Kangerdluksuak-Eisstrom z. B. liefert mächtige aufrechtstehende Eistafeln, ähnlich den Eisbergen der Antarktis. Die Eisabschmelzung im Laufe eines Jahres betrug beim Kamarujukfjord an der Westküste 4 m (gegen $2^1/_2$ m am Jacobshavn-Gletscher), bei 30 km Randabstand hielten sich Abschmelzung und Zuwachs die Waage, bei 100 km erreichte der Zuwachs ein Maximum von $^3/_4$ m, in Station Eismitte dagegen nur $^3/_4$ m.

Bei der Abschmelzung des ganzen Eiskörpers spielen auch die Erdwärme und die innere Reibungswärme des Eises eine Rolle, dessen Fließbewegung sich dadurch grundsätzlich von derjenigen des Wassers und der Luft unterscheidet, daß keine Turbulenz möglich ist. Die Vorstellung, die wir uns von den Bewegungsvorgängen des Inlandeises machen müssen, faßte der Vortragende zum Schluß in den folgenden eindrucksvollen Worten zusammen: „Das Grab meines Bruders ALFRED im Grönlandeis und das sechs Meter hohe Kreuz, das wir darüber errichtet haben, werden allmählich versinken. Jährlich wird sich eine neue meterdicke Firnschicht darüber legen; nach fünf Jahren schon wird es unauffindbar sein. Und so sinkt es immer tiefer und tiefer, bis es nach etwa tausend Jahren diejenigen Schichten des Inlandeises erreicht hat, die sich in ständigem Fluß nach der Küste befinden. Nach dreitausend Jahren vielleicht, wenn von unserer heutigen Kultur kaum noch die Erinnerung da sein wird, gibt dann eines Tages das Grönlandeis seine Beute wieder heraus. Ein Eisberg wird abgestoßen werden, der in sich das Grab meines Bruders birgt. Und so wird es schließlich eines Tages im Ozean versinken."

In der außerordentlichen Sitzung am 25. Januar 1932 erzählte Dr. HUGO ECKENER, Friedrichshafen a. B., von **Arktischen und anderen Forschungsfahrten des „Graf Zeppelin"**. Der Hauptwert des Starrluftschiffes vom Zeppelintyp für die Geographie besteht in der Möglichkeit, große Teile der Erdoberfläche mit einem Blick zu überschauen, was namentlich in solchen Gebieten von Wert ist, die mit den gewöhnlichen Transportmitteln schwer oder gar nicht zugänglich sind, wie große Wüsten, Sumpfgebiete, Vulkankrater, vergletscherte Hochgebirge, treibeiserfüllte Meeresteile und andere lebensfeindliche Regionen. Der Vortragende hob besonders hervor, daß die Zeit der großen Abenteuer noch nicht vorbei sei, und daß gerade bei den Zeppelinfahrten ein abenteuerlicher Sinn seine Betätigung finden muß. Andererseits sind große Vorsicht, Erfahrung und schnelle Entschlußfähigkeit nötig, um das Luftschiff nicht in Gefahr zu bringen. Insbesondere ist es erforderlich, die zeitlichen und örtlichen Änderungen der Wetterlage sorgfältig zu untersuchen und danach die Pläne gegebenenfalls abzuändern. So erwies es sich z. B. bei dem Fluge um die Erde im August 1929 als unzweckmäßig, ihn längs der transsibirischen Eisenbahnlinie auszuführen, wie ursprünglich beabsichtigt war, sondern der Weg mußte viel weiter nördlich genommen werden, weshalb es auch nicht möglich war, jenes interessante Gebiet zu überfliegen, in welchem durch den Niedergang des Riesenmeteors am 30. Juni 1908 Krater von mehreren Kilometern Durchmesser in den Erdboden geschlagen und erhebliche Umgestaltungen der Oberfläche verursacht worden waren, die man vom Luftschiff aus leicht hätte kartieren können. Auch bei der Arktisfahrt im Juli 1931 wurde nicht der geplante Weg ostwärts nach den neusibirischen Inseln eingeschlagen, trotzdem eine im Norden vorüberziehende barometrische Depression günstige Westwinde brachte, sondern direkt nach Norden geflogen, um die zu erwartende klare Sicht auf der Rückseite der Depression für Entdeckungen in den unbekannten Teilen des Nordpolarmeeres ausnutzen zu können.

An der Hand zahlreicher Lichtbilder gab ECKENER Beispiele für die Verwendbarkeit des Luftschiffes für geographische Forschungszwecke. Man erhielt lehrreiche Überblicke über die unzugänglichen Sumpfwälder der sibirischen Taiga, die auf Strecken von vielen hundert Kilometern zahllose Seen und Teiche aufweist, die Sandbänke und Inseln des breiten Lenastromes, die ins Meer strömenden Lavamassen und die Geisirbecken Islands, das Innere von Vulkankratern

auf den Kapverdischen Inseln, die Dünen der Libyschen Wüste, deren Anordnung die vorherrschende Windrichtung zu erkennen gestattet, die Häuser der Fellachen in vielen Teilen Ägyptens, in die man von oben hineinsehen kann, weil sie keine Dächer tragen, da diese bei dem fast völligen Fehlen des Regens entbehrlich sind, usw. An den mit Kokospalmen bewachsenen Koralleninseln konnte man den Unterschied zwischen dem Wasser des offenen Ozeans außen und demjenigen der Lagune im Innern deutlich wahrnehmen, ebenso die Brandungszone längs der amerikanischen Küste, deren gerade Linie auch in der dunkelsten Nacht eine willkommene Orientierungsmarke darstellt. Isolierte ozeanische Inseln lassen sich vom Luftschiff oft in ihrer ganzen Ausdehnung überblicken und geben so einzigartige Möglichkeiten zur Gewinnung zuverlässiger Bilder ihres Gesamtformenschatzes.

Ausführlicher ging der Vortragende auf die Arktisfahrt des „Graf Zeppelin" ein, über welche in dieser Zeitschrift schon berichtet wurde[1]. Er betonte, daß als Hauptgefahren bei Polarfahrten die Vereisung und der Nebel zu fürchten seien. Eine Belastung durch Eisansatz kann entstehen, wenn man sich bei Temperaturen in der Nähe des Gefrierpunktes im Nebel befindet. Dieser kommt jedoch nur in einer gewissen Höhe vor, so daß es möglich ist, entweder unter ihm oder darüber in kälteren Höhen zu fahren. Eine zweite Art von Vereisungsgefahr besteht bei Temperaturen unter 0° (etwa −5 bis −10°), wenn aus einer darüber gelegenen warmen Schicht Regen fällt, der dann zu einer Eiskruste gefriert, ebenso wie wenn Regen auf gefrorenen Boden trifft und Glatteis bildet. In solchen Fällen muß man beim Herannahen der Regenwolke höher gehen, um in die warme Luftschicht zu kommen. Unangenehmer ist der Nebel, selbst wenn man ihm aus dem Wege gehen kann, weil er die Orientierung erschwert und die Aussicht hindert, auf welche es bei Entdeckungsfahrten doch in erster Linie ankommt. Die günstigen Sichtverhältnisse bei der Arktisfahrt gestatteten es, Gebiete von insgesamt 24000 qkm Fläche unserer Kenntnis zu erschließen.

Die Wasserlandung bei dem russischen Eisbrecher „Malygin" im Franz Josef-Archipel war vom fahrtechnischen Standpunkt aus sehr schwierig. Die Temperatur der Luft betrug in der Fahrthöhe 6—7°, in der Nähe der Meeresoberfläche aber nur $1^1/_2$—2°. Es mußten also zunächst 1600 cbm Gas abgeblasen werden, um das Luftschiff bis auf den Wasserspiegel herunterzubringen, und dann etwa 1600 kg Wasserballast ausgegeben werden, um den Aufstieg zu ermöglichen, so daß der „Graf Zeppelin" etwa 3000 kg an Tragfähigkeit einbüßte. Außerdem rieben sich die Schwimmpuffer der Gondel an den Eisschollen und drohten schadhaft zu werden, so daß die Zeit der Wasserlandung auf das Nötigste beschränkt werden mußte.

Zum Schluß sprach der Vortragende die Hoffnung aus, daß es ihm vergönnt sein möge später einmal Forschungsfahrten nach Südarabien und nach Nordostgrönland ausführen zu können.

Dr. C. ASCHENBRENNER, München, besprach dann die aerotopographischen Ergebnisse des Arktisfluges. Über die Instrumente und Methoden zur photogrammetrischen Auswertung der aufgenommenen Bilder ist in dieser Zeitschrift schon berichtet worden[1]. Der Vortragende hob die Wichtigkeit der photographischen Aufnahmen für die genaue Erkenntnis der Oberflächenformen hervor. So mühelos die großen Zusammenhänge aus der Höhe festgestellt werden können, so schwer ist es bei der Schnelligkeit der Fahrt, die verwirrende Fülle der Einzelheiten zu perzipieren. Noch größere Schwierigkeiten verursacht natürlich die Apperzeption und die geistige Weiterverarbeitung der gewonnenen Eindrücke. Hier greift die Aerophotogrammetrie helfend ein, indem sie mit Instrumenten von größter optischer und mechanischer Präzision Bilder herstellt, deren spätere genaue Durchmusterung im Laboratorium die Entdeckung mancher Besonderheiten gestattet und Grundlagen für die Herstellung topographischer Karten mittels Kartiermaschinen liefert.

O. BASCHIN.

[1] Die Arktisfahrt des Luftschiffes „Graf Zeppelin". Von O. BASCHIN. Naturwiss. **20**, 6—13 (1932) (Kartenskizze).

[1] Naturwiss. **20**, 32 (1932).

Mitteilungen aus verschiedenen Gebieten.

Ultrarote Nordlichtphotographie. Bei einer vom AEG-Forschungs-Institut angeregten und von Notgemeinschaft, Forschungs-Institut und Photophys. Labor. d. Techn. Hochschule Danzig unterstützten Untersuchung, die dank des Entgegenkommens von Herrn Prof. STÖRMER und Herrn Prof. VEGARD im norwegischen Nordlichtobservatorium Tromsö durchgeführt werden kann, wurde ein Nebenresultat gewonnen, dessen Mitteilung vor Abschluß der ganzen Untersuchung gerechtfertigt erscheint.

Die Hauptuntersuchung besteht darin, die verschiedenen photographischen Emulsionen hinsichtlich ihrer Eignung zur Momentphotographie des Nordlichts zu prüfen und im Anschluß daran unter Benutzung besonderer Objektive die Momentphotographie bzw. Kinomatographie des Nordlichts durchzuführen.

Nachdem ich photographisches Material erprobt hatte, das für das sichtbare und ultraviolette Spektralgebiet empfindlich ist, habe ich auch ultrarotsensibilisierte Emulsionen untersucht. Hierbei zeigte es sich, daß nach Abfilterung[1] des sichtbaren Lichtes durch Wrattenfilter Nr. 88 oder Zeissfilter, die unterhalb 6900 bzw. 6300 ÅE absorbieren, sich kräftige Photographien bei etwa zehnfacher Belichtungszeit gegenüber normalen Aufnahmen erzielen lassen. Die folgenden beiden Bilder eines ruhenden Bogens vom 9. I. 1932 16 Uhr 30 Minuten verdeutlichen das Gesagte.

	Bild 1 Ultra*violett*-Aufnahme	Bild 2 Ultra*rot*-Aufnahme
Objektiv	Neuartiges Quarz-Achromat der AEG 1:1,15	Astro R. K.-Objektiv 1:1,25
Filter	Ohne Filter	Zeiss-Rotfilter
Phot. Material	Agfa-Kinechrom-Film	Agfa Infrarot-Platte 810 $\mu\mu$ sensibilisiert nach SCHMIESCHECK [1]
Belichtungszeit	$^1/_5$ Minute	2 Minuten

Fig. 1 wird infolge der Quarzoptik und der hohen Blauempfindlichkeit des Films hauptsächlich durch den kurzwelligen Teil der Nordlichtstrahlung erzeugt. Daß beide Aufnahmen merkliche Unterschiede in der Intensitätsverteilung aufweisen, mag vorzugsweise durch die stärkere Streuung des kurzwelligen Lichtes in der Atmosphäre und die starke blaue und ultraviolette Strahlung des Himmelshintergrundes bei Fig. 1 bedingt sein.

[1] Über Filteraufnahmen des Nordlichts s. L. HARANG, Z. f. Geophys. **7**, 324 (1931).

[1] SCHMIESCHECK, DVL. Jahrb. **1931**, 594.

Schätzt man die verschiedene spektrale Empfindlichkeit der einzelnen Emulsionen ab und berücksichtigt, daß die Belichtungszeiten der beiden Aufnahmen sich nur wie 1 : 6 verhalten, so wird man auf

Fig. 1. Blau-Ultraviolettaufnahme.

Fig. 2. Rot-Ultrarotaufnahme.

eine sehr beträchtliche Intensität der ultraroten Linien schließen müssen. Die Lage der Linien läßt sich ebenfalls abschätzen, denn die Durchlässigkeit des Filters und das Empfindlichkeitsmaximum der Platte begrenzen ein nicht zu breites Gebiet. Danach liegen die Linien zwischen 7500 und 8400 ÅE, also weit jenseits der letzten bisher bekannten Linien bei 6300 ÅE[1].

Eine Deutung der Linien zu versuchen, bevor genaue Wellenlängenmessungen vorliegen, dürfte verfrüht sein. Auf Anregung von Herrn HARANG, Tromsö, habe ich mit einer gleichartigen Ultrarotplatte ein Stickstoffspektrum aufgenommen, das neben den blauen und ultravioletten Banden, die bekanntlich auch im Nordlichtspektrum vorhanden sind, einige stärkere Banden bei 7750 ÅE deutlich zeigt.

Nach Auffindung des ultraroten Spektrums hat Herr HARANG sofort begonnen, die genaue Lage der Linien mit dem großen VEGARDschen Nordlichtspektrographen zu ermitteln. Hoffentlich kann von norwegischer Seite bald über das Ergebnis dieser Spektraluntersuchung berichtet werden.

Eingang des Manuskriptes: 10. Februar. W. BAUER.

Some experimental studies of the vibration of quartz plates. [R. B. WRIGHT und D. M. STUART: Bureau of standards journal of Research **7**, Nr 3, 519–553 (1931).] Die Verff. zeigen an einer großen Anzahl von Quarzscheiben und Stäben, daß die auftretenden Leuchterscheinungen keine Deutung der Schwingungsformen zulassen. Diese lassen sich vielmehr nur mechanisch erkennen, nämlich durch das Aufstreuen von Bärlappsamen. Es entstehen namentlich bei der Anregung der Oberschwingungen außerordentlich komplizierte Schwingungsformen, deren Zustandekommen durch die starke Anisotropie des Elastizitätsmoduls begründet ist. Es werden hierbei runde und rechteckige Platten untersucht, die sowohl senkrecht als auch parallel zur elektrischen Achse geschnitten sind. Die optische Achse liegt stets in der Plattenebene. Bei allen Erscheinungen zeigt sich, daß nur ganz bestimmte Stellen der Platte schwingen, während andere in Ruhe bleiben. Die Scheiben und Platten haben durchweg das Bestreben, in bestimmten Richtungen zu schwingen, die dem größten oder kleinsten Wert des Elastizitätsmoduls entsprechen. Besonders eindeutig läßt sich dies an Stäben zeigen, die parallel zu den betreffenden Richtungen geschnitten sind.

Der schwingende Oszillator bringt vermöge eines Gleichrichtereffektes in seiner Umgebung eine Luftströmung zustande, die ebenfalls durch aufgestreuten Bärlappsamen sichtbar gemacht wird. Man erkennt hier wieder, wie schlecht (mechanisch) die Oszillatoren schwingen. Es wird ohne weiteres klar, daß ein stark belasteter Kristall wegen dieser ungleichmäßigen Beanspruchung zerspringen muß. Die Sprünge verlaufen in ganz bestimmten Richtungen, sie folgen im wesentlichen den Minimalwerten des Elastizitätsmoduls.

Es wird eine Vorrichtung zur genaueren Ausmessung der Luftströmung in der Umgebung des Oszillators beschrieben.

In einem Anhang wird der Verlauf der POISSONschen Konstanten sowie die ganze Elastizitätsfläche des Quarzes gezeigt.

Ähnliche Untersuchungen und Resultate sind früher vom Ref. in der Z. für Hochfrequenztechnik **38**, 19 (1931) veröffentlicht worden. HARALD STRAUBEL.

In der Dezembersitzung der **Berliner Anthropologischen Gesellschaft** sprach SKJERL, Laibach, über den Anfang der Menstruation in Europa. Die Ansicht, daß die Menarche rasseneigentümlich sei, läßt sich heute noch nicht beweisen. SKJERLS Untersuchungen deuten fürs erste darauf hin, daß eine wichtige Grundlage die Temperatur des betreffenden Landstriches sei, die nicht dem Breitengrad folge, sondern ganz andere Verteilungen aufweise. Diesen Isothermen, welche z. B. auf der einigermaßen gleichrassig bevölkerten Skandinavischen Halbinsel in Norwegen eine höhere Durchschnittstemperatur ergäben als in Schweden, verbunden mit durchschnittlichem Menstruationsbeginn von 14 bis 15 Jahren in Norwegen, 17 Jahren in Schweden, könne man im großen in ganz Europa folgen, aber auch in kleineren Gebieten zeigten sich dieselben Zusammenhänge. Außer der Temperatur mögen andere Faktoren von Wichtigkeit sein, Ernährungs- und Bewegungsunterschiede sowie die verschiedenen sozialen Verhältnisse in der Großstadt und auf dem Lande. Psychische Einwirkungen des Großstadtlebens, vielleicht sogar Giftwirkungen (Automobilgase?) mögen dazu beitragen, daß die Menarche in den großen Städten früher sei als im übrigen Lande. Erst wenn diese natur- und kulturbedingten Faktoren richtig zu beurteilen wären, kann man es wagen, an die Unterschiede, welche vielleicht von den Rassen ausgehen, zu denken. In der Diskussion trat die Ansicht hervor, den Rassenunterschieden doch ein größeres Gewicht zuzuerteilen, zumal wenn deren Lebensverhältnisse sehr verschieden voneinander seien. FELIX PINKUS.

[1] VEGARD, Nature **117**, 356 (1926) — Handbuch der experimentellen Physik **25**, I, 450 (1928).

Herausgeber und verantwortlicher Schriftleiter: Dr.-Ing. e. h. DR. ARNOLD BERLINER, Berlin W 9.
Verlag von Julius Springer in Berlin W 9. — Druck der Spamerschen Buchdruckerei in Leipzig.